

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD INGENIERÍA EN SISTEMAS

UNIDAD DE TITULACIÓN

**DESARROLLO DE UN APLICATIVO DE RECOMENDACIÓN DE
RUTINAS DE ENTRENAMIENTO PARA EL GIMNASIO DE LA
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL USANDO APRENDIZAJE DE
MÁQUINA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN SISTEMAS INFORMÁTICOS Y DE COMPUTACIÓN**

SANTIAGO JOSUE PAZMIÑO HINOJOSA

santiago.pazmino@epn.edu.ec

JONATHAN DAVID TAYUPANTA PASPUEL

jonathan.tayupanta@epn.edu.ec

Director: PHD. MARCO SEGURA

marco.segura@epn.edu.ec

2019

i

DECLARACIÓN

Nosotros, Santiago Josué Pazmiño Hinojosa y Jonathan David Tayupanta Paspuel, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

**SANTIAGO JOSUE PAZMIÑO
HINOJOSA**

**JONATHAN DAVID
TAYUPANTA PASPUEL**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Santiago Josué Pazmiño Hinojosa y Jonathan David Tayupanta Paspuel, bajo mi supervisión.

PHD. MARCO SEGURA
DIRECTOR DE PROYECTO

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Santiago Josué Pazmiño Hinojosa y Jonathan David Tayupanta Paspuel, bajo mi supervisión.

PHD. MARCO BENALCAZAR

CO-DIRECTOR

ÍNDICE DE CONTENIDO

PRESENTACIÓN	XV
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	XV
OBJETIVO GENERAL.....	XVI
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	XVII
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE ANTROPOMETRÍA	1
1.1.1 Índice de masa corporal (IMC).....	1
1.1.2 Porcentaje de grasa corporal (PGC).....	1
1.1.2.1 Porcentaje de grasa corporal total (PGCT) y masa libre de grasa (MLG) mediante el IMC ..	2
1.1.3 Grasa corporal, abdominal y visceral	3
1.1.3.1 Perímetro de cintura de acuerdo con el IMC (Sección 1.1.1)	4
1.1.4 Índice de masa corporal magra (MCM).....	4
1.1.4.1 Masa muscular total (MMT) mediante talla, edad, género y perímetros.....	4
1.2 HÁBITOS.....	5
1.2.1 Alimentación.....	5
1.2.2 Tabaco, alcohol y otras drogas.....	8
1.2.3 Actividad física.....	8
1.3 CONCEPTOS GENERALES PARA EL ACONDICIONAMIENTO FÍSICO.....	9
1.3.1 Resistencia	10
1.3.2 1RM - Repetición Máxima - Fuerza.....	11
1.3.3 Velocidad	13
1.3.4 Flexibilidad.....	14
1.3.5 Clasificación de los deportistas en base a su experiencia de entrenamiento	14
1.3.6 Especificidad del entrenamiento (Objetivos)	15
1.3.6.1 Hipertrofia.....	15
1.3.6.2 Pérdida de grasa corporal y definición muscular.....	17
1.4 CONCEPTOS FUNDAMENTALES PARA LA ELABORACIÓN DE RUTINAS.....	19
1.4.1 Adaptación al entrenamiento aeróbico y anaeróbico	19
1.4.1.1 Síndrome general de adaptación de Seyle	19
1.4.1.2 Ley de Umbral o ley de Arnold Schultz	20
1.4.1.3 Súper compensación	20
1.4.2 Adaptaciones al entrenamiento aeróbico.....	21
1.4.3 Adaptaciones al entrenamiento anaeróbico	22
1.4.4 Comparación entre adaptaciones al entrenamiento aeróbico y anaeróbico	23

1.5	MÉTODOS DE ENTRENAMIENTO	24
1.5.1	<i>Superseries</i>	25
1.5.2	<i>Series compuestas</i>	25
1.5.3	<i>Series en pirámide</i>	26
1.5.4	<i>Series descendentes</i>	26
1.5.5	<i>Series en oleaje (carga ondulante)</i>	26
1.5.6	<i>Repeticiones medias, parciales, ardientes o de quemazón</i>	27
1.5.7	<i>Métodos 10x10</i>	27
1.5.8	<i>HIT (HIGH INTENSITY TRAINING)</i>	28
1.5.9	<i>Entrenamiento agrupado</i>	28
1.5.10	<i>Métodos excéntricos</i>	28
1.5.11	<i>Entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo</i>	28
1.5.12	<i>Principio de la contracción pico de Weider</i>	29
1.5.13	<i>STT (SYSTEMATIC TOUCH TRAINING)</i>	29
1.5.14	<i>Planificación y periodización del entrenamiento</i>	29
1.6	SELECCIÓN DE LOS MÉTODOS DE ENTRENAMIENTO PARA LA PLANIFICACIÓN DE RUTINAS	30
1.7	CONCEPTOS FUNDAMENTALES SOBRE APRENDIZAJE DE MÁQUINA	32
1.7.1	<i>Estado del arte</i>	32
1.7.2	<i>Aprendizaje de máquina</i>	32
1.7.3	<i>Formas de aprendizaje</i>	33
1.7.3.1	<i>Aprendizaje supervisado</i>	34
1.7.3.1.1	<i>Aprendizaje por corrección de error</i>	34
1.7.3.1.2	<i>Aprendizaje por refuerzo</i>	34
1.7.3.1.3	<i>Aprendizaje estocástico</i>	34
1.7.4	<i>Métodos de aprendizaje supervisado</i>	34
1.7.4.1	<i>Árboles de decisión</i>	35
1.7.4.2	<i>Árboles de decisión como herramienta de desarrollo</i>	35
1.7.4.3	<i>Redes neuronales</i>	35
1.7.4.4	<i>Ventajas de Redes Neuronales</i>	36
1.7.4.5	<i>Elementos básicos que componen una red neuronal</i>	36
1.7.4.5.1	<i>Función de entrada</i>	37
1.7.4.5.2	<i>Función de activación</i>	37
1.7.4.5.3	<i>Función de salida</i>	37
1.7.4.6	<i>Redes Bayesianas</i>	38
1.7.4.6.1	<i>Ventajas</i>	38
CAPÍTULO 2. SELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA Y HERRAMIENTAS.....		39

2.1	METODOLOGÍA DE DESARROLLO	39
2.1.1	Metodología Tradicional.....	39
2.1.1.1	RUP (Rational Unified Process)	40
2.1.1.2	Microsoft Solution Framework (MSF)	41
2.1.1.3	Cascada (Waterfall)	42
2.1.2	Metodología Ágil	43
2.1.2.1	Programación Extrema (XP).....	45
2.1.2.2	SCRUM	47
2.1.2.2.1	Las reuniones	49
2.1.2.2.2	Los roles	49
2.1.2.2.3	Elementos de Scrum.....	50
2.1.3	Diferencia entre metodología tradicional y ágil	50
2.2	METODOLOGÍA DE APRENDIZAJE DE MÁQUINA	53
2.3	CONJUNTO DE HERRAMIENTAS A EMPLEAR EN EL DESARROLLO.	54
2.3.1	Ionic Framework	56
2.3.1.1	JavaScript	56
2.3.1.2	Soporte de navegación.....	56
2.3.2	MySQL.....	57
2.3.2.1	Características principales de MySQL	57
2.3.3	NetBeans IDE	58
2.3.3.1	Java	58
2.3.4	RapidMiner Studio	59
2.3.5	RapidMiner Server	60
2.3.6	Weka.....	60
2.3.7	Android Studio	61
CAPITULO 3. DESARROLLO DEL APLICATIVO RECOMENDADOR DE RUTINAS		
PARA EL GIMNASIO DE LA EPN		
63		
3.1	DEFINICIÓN DEL PROYECTO.....	63
3.2	EVIDENCIAS DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SCRUM	63
3.2.1	HISTORIAS DE USUARIO.....	63
3.2.2	PRODUCT BACKLOG	67
3.2.3	RELEASE PLANNING	69
3.2.4	EJECUCIÓN DE LOS SPRINTS	69
3.2.4.1	SPRINT 0	69
3.2.4.2	SPRINT 1	71
3.2.4.2.1	PROTOTIPO SPRINT 1	73

3.2.4.3	SPRINT 2	75
3.2.4.3.1	PROTOTIPO SPRINT 2	76
3.2.4.4	SPRINT 3	77
3.2.4.4.1	PROTOTIPO SPRINT 3	80
3.2.4.4.2	PROCESO DE APRENDIZAJE CON RAPIDMINER	81
3.2.4.5	SPRINT 4	88
3.2.4.5.1	PROTOTIPO SPRINT 4	90
3.2.4.6	SPRINT 5	90
3.2.4.6.1	PROTOTIPO SPRINT 5	91
3.2.4.7	SPRINT 6	92
3.2.4.7.1	PROTOTIPO SPRINT 6	94
3.2.4.8	SPRINT 7	94
3.2.4.8.1	PROTOTIPO SPRINT 7	97
3.2.4.9	SPRINT 8	97
3.3	ENTREGABLES DE LA APLICACIÓN	102
CAPITULO 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS		103
4.1.	APRENDIZAJE DE MÁQUINA	103
4.2.	METODOLOGÍA DE DESARROLLO	104
4.3.	ACEPTACIÓN DEL APLICATIVO	105
4.4.	RETROSPECTIVA DEL PROYECTO Y MEJORAS FUTURAS	106
CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		108
5.1	CONCLUSIONES	108
5.2	RECOMENDACIONES	108
BIBLIOGRAFÍA		110

Comentado [SMMA1]: La fuente y tamaño de letra son correctos??

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición corporal según su IMC [4].	1
Tabla 2. Estado físico según su PGC de mujeres y hombres [5].	2
Tabla 3. Información sobre el riesgo de hombres y mujeres según el perímetro de cintura y el IMC [3].	4
Tabla 4. Estudios relacionados con los hábitos de vida saludable en la población universitaria [11].	7
Tabla 5. Relación de la condición física según la distancia recorrida y la edad	10
Tabla 6. Relación entre el VO2 Max y la condición física de hombres [24].	11
Tabla 7. Relación entre el VO2 Max y la condición física de mujeres [24].	11
Tabla 8. Clasificación de los ejercicios de flexibilidad	14
Tabla 9. Metodología para clasificar a los sujetos por el nivel de rendimiento [28].	15
Tabla 10. Escala de intensidades	16
Tabla 11. Comparación entre adaptación aeróbica y anaeróbica [26].	24
Tabla 12. Ejemplo método modificando las cargas entre series [24].	27
Tabla 13. Componentes principales de la carga de entrenamiento [24].	29
Tabla 14. Comparación de métodos de entrenamiento	30
Tabla 15. Subdivisión del mesociclo	31
Tabla 16. Subdivisión del macrociclo	31
Tabla 17. Comparación entre metodología Ágil y Tradicional [45].	51
Tabla 18. Comparación metodología de desarrollo.	52
Tabla 19. Benchmarking de técnicas de aprendizajes supervisado.	54
Tabla 20. Benchmarking de técnicas de aprendizaje supervisado actualizado	54
Tabla 21 Listado de actores con sus actividades a realizar.	63
Tabla 22. Historias de usuario específicas.	68
Tabla 23. <i>Release Planning</i>	69
Tabla 24. Tareas y Actividades Sprint 0.	70
Tabla 25. <i>Burndown Chart Sprint 0</i>	71
Tabla 26. Control de mejoramiento Sprint 0.	71
Tabla 27. Tareas y Actividades Sprint 1.	72
Tabla 28. <i>Burndown Chart Sprint 1</i>	73
Tabla 29. Control de mejoramiento Sprint 1.	73
Tabla 30. Tareas y Actividades Sprint 2.	75
Tabla 31. <i>Burndown Chart Sprint 2</i>	76
Tabla 32. Control de mejoramiento Sprint 2.	76

Tabla 33. Tareas y Actividades Sprint 3.....	78
Tabla 34. <i>Burndown Chart Sprint 3</i>	79
Tabla 35. Control de mejoramiento Sprint 3.....	80
Tabla 36. Primeros 20 registros del <i>DataSet</i> inicial.....	82
Tabla 37. Tareas y Actividades Sprint 4.....	89
Tabla 38. <i>Burndown Chart Sprint 4</i>	89
Tabla 39. Control de mejoramiento Sprint 4.....	89
Tabla 40. Tareas y Actividades Sprint 5.....	90
Tabla 41. <i>Burndown Chart Sprint 5</i>	91
Tabla 42. Control de mejoramiento Sprint 5.....	91
Tabla 43. Tareas y Actividades Sprint 6.....	92
Tabla 44. <i>BurnDown Chart Sprint 6</i>	93
Tabla 45. Control de mejoramiento Sprint 6.....	93
Tabla 46. Benchmarking de técnicas de aprendizaje supervisado actualizado.....	94
Tabla 47. Benchmarking de herramientas de desarrollo para el aprendizaje supervisado.....	95
Tabla 48. Tareas y Actividades Sprint 7.....	95
Tabla 49. <i>BurnDown Chart Sprint 7</i>	96
Tabla 50. Control de mejoramiento Sprint 7.....	96
Tabla 51. Matriz de cumplimiento de funcionalidad.....	99
Tabla 52. Resultados obtenidos por la aplicación.....	100
Tabla 53. Comparativa de resultados entre el aplicativo y el criterio del instructor de la EPN.....	100
Tabla 54. <i>BurnDown Chart Sprint 8</i>	101
Tabla 55. Control de mejoramiento Sprint 8.....	101

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Balance energético [25]	18
Ilustración 2. Proceso de síndrome de adaptación de Seyle [28]	19
Ilustración 3. Ley de Umbral o ley de Arnold Schultz [28]	20
Ilustración 4. Ejemplo de pirámide creciente e invertida [25]	26
Ilustración 5. Rango de movimiento con ventaja mecánica [25]	27
Ilustración 6. Ejemplo de una Red Neuronal [40]	37
Ilustración 7. RUP [46]	40
Ilustración 8. MSF [46]	42
Ilustración 9. Ciclo de vida en cascada [47]	43
Ilustración 10. Modelo de <i>Extreme Programming</i> [46]	45
Ilustración 11. Comunicación Cliente-Desarrollador [46]	46
Ilustración 12. Proceso SCRUM [46]	47
Ilustración 13. Ciclo de desarrollo ágil [48]	48
Ilustración 14. Ciclo principal de SCRUM [48]	48
Ilustración 15. Estadística de uso de Android y IOS en el mundo [51]	55
Ilustración 16. Primer modelo de la arquitectura del proyecto	55
Ilustración 17. Diagrama conceptual Java SE [57]	59
Ilustración 18. Arquitectura Android [63]	62
Ilustración 19. Logo de inicio	74
Ilustración 20. Formulario registro de usuario	74
Ilustración 21. Formulario datos antropométricos, hábitos, intereses, resultados físicos	75
Ilustración 22. Formulario Login	77
Ilustración 23. Mensaje de error	77
Ilustración 24. Datos de rutina generada	80
Ilustración 25. Selección de día de entrenamiento	81
Ilustración 26. Listado de ejercicios	81
Ilustración 27. Importación de datos	83
Ilustración 28. Selección de columna a predecir	83
Ilustración 29. Clasificación de los datos	84
Ilustración 30. Selección de entradas validas	84
Ilustración 31. Generación de todos los modelos de aprendizaje	85
Ilustración 32. Tabla generada con la exactitud y tiempo de aprendizaje de cada modelo.	85

Ilustración 33. Tabla generada con la exactitud y tiempo de aprendizaje de cada modelo con <i>DataSet</i> modificado 1.....	86
Ilustración 34. Tabla generada con la exactitud y tiempo de aprendizaje de cada modelo con <i>DataSet</i> modificado 2.....	87
Ilustración 35. Tabla generada con la exactitud y tiempo de aprendizaje de cada modelo con <i>DataSet</i> modificado 3.....	87
Ilustración 36. Tabla generada con la exactitud y tiempo de aprendizaje de cada modelo con <i>DataSet</i> modificado 4.....	88
Ilustración 37. Detalle ejercicio seleccionado.....	90
Ilustración 38. Datos ingresados en el registro de inicio.....	92
Ilustración 39. Pantallas para actualizar datos cambiantes.....	94
Ilustración 40. Ingreso de datos de un usuario real.....	97
Ilustración 41. Generación de la rutina del usuario de prueba.....	97
Ilustración 42. Resultado aprendizaje.....	104

RESUMEN

El sedentarismo entre los estudiantes universitarios es uno de los principales problemas que afecta a la salud y en algunas ocasiones al desempeño académico.

La Escuela Politécnica Nacional (EPN) oferta a los estudiantes diferentes áreas de recreación, cultura y deportivas. Estas áreas permiten una formación completa, tanto en el ámbito académico como deportivo, ya que el deporte es fundamental en el desarrollo integral del ser humano. La Escuela Politécnica Nacional cuenta con un gimnasio que permite a los estudiantes ejercitarse, con el fin de llevar un estilo de vida más saludable. Sin embargo, muchos de ellos desisten de asistir ya que no cuentan con una correcta guía de planificación de entrenamiento y el instructor del gimnasio en muchas ocasiones no puede por sí solo proporcionar una ayuda personalizada a todos los estudiantes.

Como solución a este problema se propone desarrollar un aplicativo de recomendación de rutinas de entrenamiento para los asistentes al gimnasio de la Escuela Politécnica Nacional, utilizando aprendizaje de máquina.

A través de la aplicación, los usuarios ingresarán sus datos basándose en sus características psicológicas, fisiológicas y patológicas. En base a estos datos, la aplicación generará una rutina de ejercicios personalizada con la finalidad de garantizar la mayor eficacia, eficiencia y seguridad de las actividades físicas realizadas en el gimnasio de la EPN.

Palabras clave: Aprendizaje de máquina, antropometría, acondicionamiento físico, SCRUM.

ABSTRACT

Sedentary lifestyle among college students is one of the main problems that affect health and academic performance. Escuela Politécnica Nacional (EPN) offers its students recreational, cultural and sports areas, which allows a complete educational training in their student lifetime. One of these areas is the gymnasium, which helps students exercise in order to make them achieve a healthier lifestyle. However, many students stop assisting because they don't have a correct training guide and the gym instructor isn't able to give personal assistance to each student.

As a solution to this problem, we propose to develop a mobile app which recommends personal training routines to EPN students through machine learning. The app collects psychological, physiological and pathological data from the users and uses it to generate a training routine that assures better efficiency and effectiveness for the specific user inside the EPN gymnasium.

Keywords: Machine learning, anthropometry, physical conditioning, SCRUM.

PRESENTACIÓN

Planteamiento del problema

La Escuela Politécnica Nacional oferta a los estudiantes diferentes áreas de recreación, cultura y deporte. Estas áreas permiten una formación completa tanto en el ámbito académico como deportivo, ya que el deporte es fundamental en el desarrollo integral del ser humano.

El gimnasio de la Escuela Politécnica Nacional se encuentra administrado por la Federación de Estudiantes de la Politécnica Nacional (FEPON). Cuenta con un instructor Milton Guevara, encargado de controlar que los usuarios ejecuten correctamente los ejercicios que realizan. Mediante una entrevista realizada al instructor del gimnasio de la EPN se evidenció que actualmente no se cuenta con un sistema de monitoreo y evaluación de desempeño de los deportistas. Según [1], el éxito de un trabajo realizado depende de que la persona quien realiza el trabajo conozca “qué se espera de él” (o ella) y que reciba una retroalimentación de su trabajo.

Bajo esta premisa, se establece la necesidad de implementar un sistema de recomendación de rutinas de entrenamiento para proporcionar lo anteriormente expuesto. Este sistema de recomendación estará implementado como un aplicativo móvil compatible para el sistema operativo Android.

Helen Skelton, colaboradora de Nuffield Health, una organización sin fines de lucro que facilita servicios de salud afirma que “El bienestar es tan personal, que tiene sentido que todos necesiten un plan que esté basado en ellos y en sus necesidades. Copiar el entrenamiento de otra persona en el gimnasio no solo es ineficaz, ya que no se ha adaptado a usted, también podría causar lesiones. Puede perder tiempo en el gimnasio o puede usarlo sabiamente [2].”

Precor, una de las empresas elite en evaluación de equipamiento fitness, concluyó que, uno de los factores causantes del abandono de la actividad física en el gimnasio es el no tener un objetivo claro, ni un plan que indique lo que se debe hacer para lograrlo. Esto puede causar la frustración en los usuarios al no tener los resultados deseados en compensación al tiempo y esfuerzo invertido. En una de las investigaciones [2] realizadas por la organización Nuffield Health se encontró que:

- 20% no saben cómo usar los aparatos
- 25% no piden ayuda para el uso de los aparatos
- 18% hacen mal uso de los aparatos
- 66% no conoce su índice de masa corporal

- 50% no tiene una meta específica de entrenamiento
- 75% no tiene un tiempo límite de resultados

El instructor del gimnasio de la EPN afirma que en la mayoría de los casos los deportistas no asimilan completamente la explicación verbal impartida por el mismo, lo que ocasiona una mala ejecución de los ejercicios indicados.

Una mejor guía de planificación de entrenamiento para los deportistas puede verse traducida en un incremento en su efectividad, logrando mejores resultados en menores tiempos.

Anna Valls editora de Women's Health, una revista de fitness nos da a conocer "Las 10 mejores app's para ponerte en forma" [3]. Dichas aplicaciones orientan al usuario en las actividades a realizarse en un gimnasio. Las aplicaciones alcanzan su popularidad porque permiten al usuario seleccionar características tales como objetivos de entrenamiento, elegir el nivel de entrenamiento en función de la frecuencia con la que se entrena (principiante, intermedio o avanzado), alcanzar metas, planificar rutinas de entrenamiento en un calendario, entre otras funcionalidades que ofrecen dichas aplicaciones.

Según [4], la capacitación personal individual es un método efectivo para cambiar las actitudes del entrenamiento físico y, por lo tanto, aumentar la cantidad de actividad física, cumpliendo con los objetivos propuestos en menor tiempo.

Las aplicaciones que ayudan a la planificación deportiva por su parte han alcanzado gran popularidad entre el mundo del fitness, incluyendo fitbod [5] [6]. Fitbod es un aplicativo muy popular en el mundo del fitness, que hace uso de inteligencia artificial para generar un plan de entrenamiento personalizado en base a sus límites, según la descripción del producto publicada en AppStore [7].

Objetivo General

Desarrollo de un aplicativo de recomendación de rutinas de entrenamiento para el gimnasio de la escuela politécnica nacional usando aprendizaje de máquina.

Objetivos Específicos

1. Ejecutar un proceso de recolección de datos antropométricos de 100 deportistas del gimnasio de la EPN, sus costumbres de alimentación, horas de sueño y sus metas de entrenamiento.
2. Diseñar e implementar un sistema de recomendación de rutinas de entrenamiento basado en Aprendizaje de Máquina según las características psicológicas, fisiológicas y patológicas de cada uno de los deportistas con la finalidad de garantizar la mayor eficacia, eficiencia y seguridad de las actividades físicas realizadas en el gimnasio de la EPN.
3. Validar las rutinas generadas por el sistema de recomendación comparando con la opinión de un experto (Instructor de la EPN).
4. Diseñar e implementar un aplicativo móvil que consuma la información generada por el sistema de recomendación para que el usuario pueda acceder a dicha información desde su dispositivo móvil.

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

1.1 Conceptos fundamentales de antropometría

Este capítulo describe los conceptos esenciales relacionados con la antropometría del ser humano, la cual estudia las medidas y dimensiones de las diferentes características físicas del ser humano [1]. El interés por conocer las medidas y proporciones del cuerpo humano, en este caso de estudio, es el de proporcionar información detallada de cada deportista para que su asignación en un plan de entrenamiento sea personalizada y única.

1.1.1 Índice de masa corporal (IMC)

El índice de masa corporal (IMC) es un método que se utiliza para estimar la cantidad de grasa corporal que tiene una persona, y determinar, por tanto, si el peso está dentro del rango normal o, por el contrario, se tiene sobrepeso o delgadez. Para esto se pone en relación la estatura y el peso del individuo [8].

El IMC es una fórmula que se calcula dividiendo el peso en Kg, entre la altura en metros al cuadrado [9].

$$IMC \left(\frac{kg}{m^2} \right) = \frac{Peso (kg)}{Altura^2(m)}$$

La siguiente tabla muestra el estado físico en función del IMC:

Composición corporal	Índice de masa corporal (IMC)
Peso inferior al normal	Menos de 18.5
Normal	18.5 – 24.9
Peso superior al normal	25 – 29.9
Obesidad	Más de 30

Tabla 1. Composición corporal según su IMC [10].

1.1.2 Porcentaje de grasa corporal (PGC)

El porcentaje de grasa corporal (PGC) indica la proporción o cantidad de grasa que hay en el cuerpo, este valor será indicado por medio de un porcentaje, que va a variar de acuerdo al sexo, edad, y actividad física que se realice [11].

En el organismo se pueden distinguir dos tipos de masa: masa magra y grasa. La magra corresponde a los músculos, y la grasa a las células adiposas.

La medición del PGC nos da a conocer la cantidad de tejido adiposo (grasa) en el cuerpo, expresada en porcentaje.

Comentado [SMMA2]: Es PGC o PGC?? Hay que ser consistentes con esto

Uno de los principales enfoques que se debe tener, si se desea bajar de peso, es disminuir grasa corporal, manteniendo la masa magra [12].

Comentado [SMMA3]: De acuerdo con quién?? Referencia

Fórmula para calcular el PGC [11][9]:

Hombres:

$$PGC (\%) = \frac{495}{1.0324 - 0.19077 \times \log(Cintura (cm) - Cuello (cm)) + 0.15456 \times \log(Altura (cm))} - 450$$

Mujeres:

$$PGC (\%) = \frac{495}{1.29579 - 0.35004 \times \log(Cintura (cm) + Cadera (cm) - Cuello (cm)) + 0.221 \times \log(Altura (cm))} - 450$$

Comentado [SMMA4]: En qué unidades deben estar las medidas?? Para todas las formulas hay que saber en qué unidades van las medidas

Porcentajes por arriba del 30% a 35% se han asociado con obesidad, pero valores por debajo de lo normal perjudicarían a la salud.

La siguiente tabla muestra el estado en que se encuentra según los porcentajes de grasa corporal:

	Mujeres	Hombres
Grasa esencial	10 - 12%	2 - 4%
Atleta	14 - 20%	6 - 13%
Fitness	21 - 24%	14 - 17%
Aceptable	25 - 31%	18 - 25%
Obesidad	32% o más	26 o más

Tabla 2. Estado físico según su PGC de mujeres y hombres [11].

1.1.2.1 Porcentaje de grasa corporal total (PGCT) y masa libre de grasa (MLG) mediante el IMC

Porcentaje de grasa corporal total (PGCT) [9]:

$$PGCT (\%) = \left(1.20 \times IMC \left(\frac{kg}{m^2} \right) \right) + (0.23 \times |Edad| (años)) - (10.8 \times género) - 5.4$$

Comentado [MS5]: Edad en que unidad?? Anios, meses, días?? Por favor, si ya estaba un comentario para que pongan unidades en todas las formulas!!

Si género:

$$Hombre = 1 \text{ ó } Mujer = 0$$

Masa libre de grasa (MLG) [9]:

$$MLG (kg) = Peso(kg) - \frac{PGCT (\%) \times Peso (kg)}{100}$$

1.1.3 Grasa corporal, abdominal y visceral

Grasa corporal: es una fuente de energía que controla la temperatura corporal, protege órganos del cuerpo y nos ayuda en una gran cantidad de procesos hormonales [13].

Grasa abdominal: es la que se acumula en el perímetro del abdomen. Esta grasa es subcutánea y estimula la producción de cortisol, que es una hormona que transforma la grasa en adipocitos [13].

Grasa visceral: es el tejido graso que envuelve los órganos internos de nuestro cuerpo como el corazón, el hígado, los riñones y el páncreas, así como los espacios que hay entre los músculos [13].

Los depósitos de la grasa visceral representan cerca del 20% del total de la grasa corporal en el hombre y aproximadamente el 6% en la mujer. Se ha demostrado que el peso y la grasa corporal, aunque se mantengan constantes, a medida que pasan los años, se envejecen, varía la distribución de la grasa en el cuerpo, y es mucho más probable que se deposite en la zona del tronco [14].

La reducción de niveles excesivos de la grasa corporal y asegurando los niveles sanos de grasa visceral puede disminuir el riesgo de contraer ciertas enfermedades tales como la hipertensión arterial, las enfermedades cardíacas, la diabetes y el cáncer. Igualmente, tener índices muy bajos de grasa corporal ocasionará desajustes importantes en nuestro organismo causando problemas de salud [14].

Formas para calcular la grasa abdominal [15]:

1. **Cinta métrica:** Con una cinta métrica, se colocará de pie al usuario con los pies juntos, los brazos a los lados y el abdomen relajado. Se rodea el abdomen con la cinta métrica a la altura del ombligo, sin presionar, se inhala profundo y al momento de exhalar se toma la medida. La organización mundial de la salud (OMS) establece el valor máximo saludable del perímetro abdominal en 88 cm en la mujer, mientras que en el hombre el valor es de 102 cm.
2. **Lipocalibres:** Esta opción la debe realizar un especialista, pues conoce exactamente en qué zona medir los pliegues subcutáneos y sabe calcular el valor exacto de sus mediciones.

Comentado [SMMA6]: Cuál es la relación entre grasa corporal, abdominal, y visceral??

1.1.3.1 Perímetro de cintura de acuerdo con el IMC (Sección 1.1.1)

IMC (kg/m ²)		Perímetro de cintura (cm)	
		Hombre <= 102 Mujer <= 88	Hombre > 102 Mujer > 88
Bajo peso	<18.5	Sin riesgo	Sin riesgo
Normal	18.5 a 24.9	Sin riesgo	Sin riesgo
Sobrepeso	25 a 29.9	Riesgo cardio metabólico aumentado	Riesgo cardio metabólico alto
Obesidad I	30 a 34.9	Riesgo cardio metabólico alto	Riesgo cardio metabólico muy alto
Obesidad II	35 a 39.9	Riesgo cardio metabólico muy alto	Riesgo cardio metabólico muy alto
Obesidad extrema III	>= 40	Riesgo cardio metabólico extremadamente alto	Riesgo cardio metabólico extremadamente alto

Tabla 3. Información sobre el riesgo de hombres y mujeres según el perímetro de cintura y el IMC [9].

1.1.4 Índice de masa corporal magra (MCM)

La masa magra es todo el tejido que no es grasa: músculos, huesos y órganos vitales. Siendo la musculatura el tejido que más predomina en la masa magra [16].

Lo que se busca con un buen régimen de ejercicio y dieta es: disminuir el porcentaje de grasa, aumentar la masa muscular y no producir retenciones de líquido. La masa magra se calcula restando el PGC (Sección 1.1.2) a los kilogramos de peso total. Aquí es donde el peso toma un papel importante y significativo.

Fórmula para calcular el MCM (Masa corporal magra) [9]:

$$MCM (kg) = Peso(kg) - \left(\frac{PGC (\%)}{100} \right) \times Peso(kg)$$

Donde:

PGC: Porcentaje grasa corporal

1.1.4.1 Masa muscular total (MMT) mediante talla, edad, género y perímetros

Fórmula para calcular la masa muscular total [9]:

$$MMT (gr) = Talla(cm) \times (0.0064 \times \text{perímetro del brazo}^2 (cm)) + (0.0032 \times \text{perímetro de muslo}^2 (cm)) + (0.0015 \times \text{perímetro de pantorrilla}^2 (cm)) + (2.56 \times \text{género}) + (0.136 \times \text{Edad (años)})$$

Comentado [SMMA8]: Unidades??

Si género:

Hombre = 1 ó Mujer = 0

1.2 Hábitos

El estilo de vida de una persona se refiere como el conjunto de actividades y comportamientos que se repiten diariamente que, mantenidos en el tiempo, pueden significar un riesgo o seguridad dependiendo de su naturaleza [17].

Existe una serie de conductas que se encuentran entre los factores de riesgo más importantes de los principales problemas de salud en la actualidad, tales como, el consumo del alcohol y el tabaco, la mala alimentación, no practicar ejercicio físico, entre otros [17].

La población universitaria es una de las afectadas en cuestión de malos hábitos, esto afecta incluso en el desempeño académico. Durante esta etapa se adquieren hábitos que en la mayoría de los casos se mantienen en la edad adulta, por lo que los estudiantes corresponden a una población clave para las actividades de promoción y prevención en salud, ya que los estilos de vida de éstos intervienen directamente en su desarrollo físico, psíquico y mental [17].

1.2.1 Alimentación

Los patrones culturales de la alimentación se están deteriorando cada vez más, produciendo una desestructuración de los ritmos y hábitos alimenticios [17]. Ya no se acostumbra a preparar la comida casera, el aumento en el consumo de comida rápida y jornadas de trabajo o estudio exhaustivas, son factores que inciden para la mala alimentación.

Se conoce que alrededor de la Escuela Politécnica Nacional existen incontables puestos de comida rápida. Muchos de los estudiantes se ven obligados a comer ahí por la falta de tiempo o por lo económico que resulta comer en esos lugares, ya que tienen que retornar a sus horas de clase o realizar deberes o actividades referentes a la universidad. Los estudiantes incluso tienden a saltarse comidas con frecuencia, sin tener en cuenta que la alimentación saludable es fundamental, incluso para el buen rendimiento académico.

Los malos hábitos alimenticios en la etapa universitaria generalmente se caracterizan por [18]:

- Una alimentación desordenada con tendencia creciente a saltarse comidas, especialmente el desayuno y el almuerzo, concentrando la ingesta en el horario vespertino.

Comentado [SMMA9]: Otros no desayunan, y no creo que sea sólo el tema de la ubicación geográfica sino a veces de capacidad económica??

Comentado [SJPH10R9]:

- Según [19] hay un 94.6% de los hombres y el 95% de las mujeres que consume la ración del desayuno habitualmente, con diferencias significativas al grupo de escolares y adolescentes que entran en la proporción de no consumidores de desayuno con un 8.1%.
- Una tendencia frecuente a dietas hipocalóricas, especialmente en adolescentes universitarios, así como el uso de regímenes vegetarianos muy estrictos y desbalanceadas que comprometen el potencial de crecimiento o inducen a carencias nutricionales específicas.

Desde hace muchos años se sabe que la dieta tiene una importancia crucial como factor de riesgo de enfermedades crónicas. Las dietas tradicionales, basadas en gran parte de alimentos de origen vegetal, han sido reemplazadas rápidamente por dietas con alto contenido de grasas, siendo esto un causante de la programación de enfermedades crónicas en los países en desarrollo [20].

La tabla 4 hace referencia a varios artículos relacionados con los hábitos de salud en los universitarios.

Autor	Año	Artículo	Inicio consumo en tabaco	Prácticas favorables en actividad física	Prácticas favorables en alimentación	Prácticas favorables en tabaco/alcohol/drogas	Sobrepeso/Obesidad	Prácticas sexuales saludables	Sexo preservativo	sin
González, L.	2002	Consumo de tabaco en adolescentes. Factor de riesgo y protectores	12 – 13 años							
Arrivillaga, M.	2003	Creencias relacionadas con el estilo de vida de jóvenes universitarios		Baja	Poco/nada	Poco/nada				
Hernán, M Romero, A.	2004	La salud de los jóvenes ¿Se alimentan correctamente nuestros jóvenes universitarios?	12 – 13 años	Mejor en chicos Solo un 30%	Buenas, aunque disminuyendo buenos hábitos	Beber es algo normal 65.5% no fuman. Alcohol los fines de semana	28% H; 11.4% M		1 de cada 3	
Irazusta, A.	2005	Hábitos de vida de los estudiantes de enfermería		Casi la mitad no hace ejercicio físico	Dietas hipocalóricas e hiperlipídicas con elevados ac. Grasos		1/3 con sobrepeso			
Arroyo, M.	2006	Calidad de la dieta, sobrepeso y obesidad en estudiantes universitarios					17.5% (25% H; 13.9% M)			
Cáceres, D.	2006	Consumo de drogas en jóvenes universitarios y su relación de riesgo y protección con los factores psicosociales	12 – 17 años			74.5% toman alcohol; 33.2% fuman; 23.2% consumen marihuana; 4.4% consumen éxtasis, LSD; 4.3% consumen opiáceos; 4.3% consumen cocaína				
Moreno, C	2012	<i>Clustering of lifestyle factors in Spanish university students: the relationship between smoking, alcohol consumption, physical activity and diet quality</i>		54% realizan ejercicio físico	Mala alimentación	85.7% beben alcohol; 44.1% consumen cannabis				
Eaton, D.K.	2012	<i>Youth risk behavior surveillance</i>			Baja	18.1% fuman; 38% beben; 32% fuman marihuana		Poca		
Gopalahrinhan, S.	2012	<i>Prevalence of overweight/obesity among the medical student</i>					14.8% (13.7% H; 15.7% M)			
Cutillas, A.B.	2013	Calidad de la grasa de la dieta de un colectivo de estudiantes de la Universidad de Murcia			Consumen menos energía de la recomendada. Exceso de proteínas y lípidos y escaso en carbohidratos					
Bernárdez, M.	2013	Variación en la dieta de universitarios gallegos.			Medio – Bajo		30.4% sobrepeso en hombres			
Cervera, F.	2013	Hábitos alimentarios y evaluación nutricional en una población universitaria		¼ realizan ejercicio. Mejor los chicos	Intermedio – Bajo		17% sobrepeso hombres			
Rizo, M.M.	2014	Calidad de la dieta y estilo de vida de estudiantes de ciencias de la salud			Ingestas desequilibradas					
Badir, A.	2014	<i>Knowledge of cardiovascular disease in tukish undergraduate nursing</i>		¼ no realiza ejercicio físico	Hábitos inadecuados	83.7% no fuman				

Tabla 4. Estudios relacionados con los hábitos de vida saludable en la población universitaria [11].

Comentado [SMMA11]: Esto debe estar bien formateado como tabla en una hoja horizontal. No como una imagen

1.2.2 Tabaco, alcohol y otras drogas

La Organización Mundial de la Salud, con respecto al consumo de las drogas legales (alcohol y tabaco), asegura que el consumo de alcohol ocupa el tercer lugar entre los principales factores de riesgo de mala salud en el mundo, causando más de 60 enfermedades, trastornos y lesiones (cáncer de esófago, cirrosis, homicidios) y está entre los cinco factores de riesgo de accidentes [20].

En la Escuela Politécnica Nacional, si bien, es prohibido el consumo de alcohol dentro de las instalaciones [21], en los alrededores existen bares y/o restaurantes que venden bebidas alcohólicas, por lo que los estudiantes, sin importar día u hora, los frecuentan a menudo.

El estrés que se vive en el ambiente universitario es uno de los principales causantes del consumo de alcohol y tabaco, siendo éstos un “relajante” para muchos de los problemas que se viven dentro de la universidad.

Se hallaron creencias positivas como que “el alcohol es dañino para la salud” en el 76% de los jóvenes, en contraposición de creencias negativas como “consumir uno o dos cigarrillos al día no es dañino para la salud” (70.3%), “al consumir alcohol se logran estados de mayor sociabilidad” (56.2%), que constituyen un factor de riesgo para la salud [17].

Cada año mueren en el mundo 3,3 millones de personas a consecuencia del consumo nocivo de alcohol, lo cual representa un 5,9% de todas las defunciones y del que, además, se relaciona al origen de más de 200 enfermedades y trastornos según [22].

El consumo problemático de alcohol presenta una relación directa e indirecta en la aparición de daños físicos, mentales y sociales, entre los cuales se han identificado problemas que afectan la permanencia de los estudiantes en la universidad y la calidad de su formación para la vida profesional [23].

1.2.3 Actividad física

Desde el punto de vista biológico-motor, se define a la actividad física como cualquier movimiento del cuerpo producido por los músculos esqueléticos, que tiene por resultado un gasto energético [24].

La actividad física es un concepto amplio que abarca prácticas de muchos tipos y, por lo tanto, es importante señalar que no todas sus formas son iguales desde un punto de vista saludable. En este sentido, se señala que los factores a considerar para realizar una actividad física con orientación saludable son [25]:

- El tipo de actividad: en relación con la intensidad y el riesgo que implica su práctica.
- La manera de realizarla: en relación con su naturaleza de tipo recreativa o competitiva.
- Las características personales de los y las participantes: edad, sexo, condición física, enfermedades considerables.

La Escuela Politécnica Nacional cuenta con espacios de recreación, zonas de juego especialmente acondicionadas para realizar actividad física, así como, clubes dedicados a ciertos deportes, un centro de educación física y un gimnasio [26].

El ejercicio físico regular y realizado de forma adecuada nos ayuda a mantener un peso estable, así como mejorar el estado del cuerpo y de la mente; ayudándonos a mantener la función cardiovascular, musculoesquelética y metabólica.

1.3 Conceptos generales para el acondicionamiento físico

En el ámbito deportivo se define acondicionamiento físico como: el desarrollo intencionado de las cualidades o capacidades físicas; el resultado obtenido será el grado de condición física [27].

Según [27] las cualidades físicas se clasifican en:

- Resistencia
- Flexibilidad
- Fuerza

Se tiene una relación entre las cualidades físicas. La fuerza es la base de la resistencia y de la velocidad. La fuerza puede contribuir a la flexibilidad si favorece el movimiento, pero en general un aumento en la masa muscular tiende a una disminución de la flexibilidad [27].

Resistencia y velocidad se oponen entre sí por razones fisiológicas; para desarrollar una buena resistencia las fibras musculares predominantes deben ser lentas, mientras que para desarrollar una buena velocidad las fibras musculares deben ser rápidas [27].

A continuación, se definirá cada una de las cualidades físicas y su importancia en el acondicionamiento físico.

1.3.1 Resistencia

Según [28] la resistencia es la capacidad física y psíquica de soportar el cansancio frente a esfuerzos relativamente largos y/o la capacidad de recuperación rápida después de esfuerzos [27].

El VO2 max, o consumo máximo de oxígeno, es el volumen máximo de oxígeno que el organismo es capaz de metabolizar por unidad de tiempo. Este valor es un buen dato para medir el estado de forma y la capacidad aeróbica de las personas, dado que cuanto mayor cantidad de oxígeno se consiga transportar a los músculos por unidad de tiempo mejor rendimiento podrá tener el sujeto [12].

El VO2 max, y la capacidad aeróbica, irá disminuyendo con la edad a partir de los 25-30 años, pero una persona entrenada que realice actividades de resistencia con regularidad será capaz de aminorar en gran cantidad esa caída y conseguirá mantener valores de consumo máximo de oxígeno mucho más elevados que una persona sedentaria [29].

Formas de calcular el VO2 max [29]:

1. **Test de Cooper:** se deberá realizar una prueba máxima de 12 min, donde el usuario debe correr una distancia máxima durante esos 12 minutos. Una vez realizada la prueba y obtenida la distancia en metros, se debe calcular la siguiente ecuación para hallar el VO2 max:

$$VO2max (ml/kg/min) = 0,0268 \times Distancia(m) - 11,3$$

Donde:

Distancia (m): es la distancia en metros recorrida durante los 12 minutos

Test de Cooper				
Correr durante 12 minutos				
Categoría	<30 años	30 – 39 años	40 – 49 años	>50 años
Muy mala	<1600 m	<1500 m	<1400 m	<1300 m
Mala	1600 a 2199	1500 a 1999	1400 a 1699	1300 a 1599
Regular	2200 a 2399	2000 a 2299	1700 a 2099	1600 a 1999
Buena	2400 a 2800	2300 a 2700	2100 a 2500	2000 a 2400
Excelente	>2800	>2700	>2500	>2400

Tabla 5. Relación de la condición física según la distancia recorrida y la edad

2. **Test de Rockport:** este método será utilizado para personas con menor condición física, el cual consiste en completar la distancia de una milla (1.609 m) con una caminata rápida, no corriendo, teniendo en cuenta la frecuencia cardiaca y el tiempo utilizado al completar dicha distancia. Una vez obtenidas estas variables se debe calcular la siguiente ecuación para hallar el VO2 max:

$$\begin{aligned}
 VO2max \text{ (ml/kg/min)} &= 132.6 - \left(0.17 \times IMC \left(\frac{kg}{m^2}\right)\right) - (0.39 \times Edad \text{ (años)}) \\
 &+ (6.31 \times S) - (3.27 \times T \text{ (min)}) - (0.156 \times FC)
 \end{aligned}$$

Donde:

IMC: Índice de masa corporal

S: Sexo (0: mujeres, 1: hombres)

T: Tiempo en minutos

FC: Frecuencia cardiaca ($FC = 220 - Edad$)

Una vez obtenida el VO2 max por cualquiera de los métodos anteriormente expuestos, se puede establecer en qué condición física se encuentra el sujeto mediante los siguientes valores:

Hombre						
Edad	Muy malo	Malo	Normal	Bueno	Excelente	Superior
13-19	<35.0	35-38.3	38.4-45.1	45.2-50.9	51-55.9	>55.9
20-29	<35.0	33-36.4	36.5-42.4	42.5-46.4	46.5-52.4	>52.4
30-39	<31.5	31.5-35.4	35.5-40.9	41-44.9	45-49.4	>49.4
40-49	<30.2	30.2-33.5	33.6-38.9	39-43.7	43.8-48.0	>48
50-59	<26.1	26.1-30.9	31.0-35.7	35.8-40.9	41.0-45.3	>45.3
60+	<20.5	20.5-26.0	26.1-32.2	32.3-36.4	36.5-44.2	>44.2

Tabla 6. Relación entre el VO2 Max y la condición física de hombres [30].

Mujer						
Edad	Muy malo	Malo	Normal	Sueno	Excelente	Superior
13-19	<25	25-30.9	21-34.9	35-38.9	39-41.9	>41.9
20-29	<23.6	23.6-28.9	29-32.9	33-36.9	37-41	>41
30-39	<22.8	22.8-26.9	27-31.4	31.5-35.6	35.7-40	>40
40-49	<21.0	21-24.4	24.5-28.9	29-32.8	32.9-36.9	>36.8
50-59	<20.2	20.2-22.7	22.8-26.9	27-31.4	31.5-35.7	>35.7
60+	<17.5	17.5-20.1	20.2-24.4	24.5-30.2	30.3-31.4	>31.4

Tabla 7. Relación entre el VO2 Max y la condición física de mujeres [30].

1.3.2 1RM - Repetición Máxima - Fuerza

En un entrenamiento de fuerza la repetición máxima (1RM), puede ser definida como la mayor cantidad de peso levantado en una sola repetición. El 1RM es un test de nuestra fuerza actual [31].

El 1RM nos ayuda a predecir cuál es la máxima carga que podemos utilizar como punto de referencia para poder realizar un plan de entrenamiento. Por obvias razones y por salvaguardar la integridad del deportista, el cálculo del 1RM no se realiza en todos los ejercicios, si no en aquellos llamados ejercicios básicos: sentadilla, peso muerto, press banca y press militar. Esto se debe a que son ejercicios multiarticulares por lo que se utilizará la mayor cantidad de masa muscular para ejecutarlos [31].

Métodos para calcular el 1RM [31]:

- **Test Directo:** levantar un peso al punto que sea imposible realizar el ejercicio con la técnica correcta.
- **Test Indirecto:** se basa en fórmulas o ecuaciones para predecir el 1RM

Fórmulas para calcular la Repetición Máxima (Según diferentes autores):

Autor: Epley (1985)

$$1RM = \text{Peso levantado test (kg)} \times (1 + (0.033 \times \text{Nro.reps hasta el fallo}))$$

Autor: Lander (1985)

$$1RM = \frac{100 \times \text{Peso levantado test (kg)}}{101.3 \times (2.67123 \times \text{Nro.reps hasta el fallo})}$$

Autor: O'Conner et al. (1989)

$$1RM = 100 \times \text{Peso levantado test (kg)} \times (1 + 0.025 \times \text{Nro.reps hasta el fallo})$$

Autor: Lombardi (1989)

$$1RM = \text{Peso levantado test (kg)} \times (\text{Nro.reps hasta el fallo})^{0.10}$$

Autor: Mayhew (1992)

$$1RM = \frac{100 \times \text{Peso levantado test (kg)}}{52.2 + 41.9 \times e^{-0.055 \times \text{Nro.reps hasta el fallo}}}$$

Autor: Brzycki (1993)

$$1RM = \frac{\text{Peso levantado test (kg)}}{1.0278 - (0.0278 \times \text{Nro.reps hasta el fallo})}$$

Autor: Wathen (1994)

$$1RM = \frac{100 \times \text{Peso levantado test (kg)}}{48.8 + 53.8 \times e^{-0.075 \times \text{Nro reps hasta el fallo}}}$$

Autor: LeSuer et cols. (1997)

$$1RM = 100 \times \text{Peso levantado test (kg)} \times (48.8 + 53.8 \times e^{-0.075 \times \text{Nro reps hasta el fallo}})$$

Luego de calcular el 1 RM utilizando cualquiera de los métodos mencionados y con el objetivo que tiene el usuario, se procede a establecer un proceso de periodización en el que se trabaja con porcentajes del 1RM [32]

1.3.3 Velocidad

La velocidad no se puede considerar como una cualidad pura o aislada. Según [27] la velocidad no se manifiesta como una cualidad pura *“sino que depende de multitud de parámetros: la técnica motriz, la fuerza máxima y explosiva, los desequilibrios musculares, la elasticidad muscular y la resistencia específica condicionan positiva o negativamente el desarrollo de la velocidad”*.

Existen tres manifestaciones fundamentales de la velocidad [27]:

1. Velocidad de desplazamiento:
 - a. Series cortas: 100% de intensidad, 20-60 m, 3-7 repeticiones dirigidas fundamentalmente a la capacidad de aceleración.
 - b. Velocidad facilitada o “supervelocidad”: correr cuesta abajo.
 - c. Frecuencia y amplitud de zancada: multisaltos, desplazamientos con máxima frecuencia, etc.
2. Velocidad de reacción:
 - a. Formas específicas: salidas con distintos estímulos y posiciones; distancia mínima de 5 m. Evitar detenerse bruscamente para evitar lesiones.
3. Velocidad gestual:
 - a. Incorporar el gesto técnico del deporte. Según el deporte colectivo.
 - b. Gesto facilitado: lanzamiento de martillo con menor peso.

1.3.4 Flexibilidad

Según [27] *“es la capacidad de los cuerpos de adaptar una determinada forma, sin romperse, y en el sistema músculo esquelético suele atribuirse al complejo articular”*.

Dentro de la flexibilidad hay que tener en cuenta [27]:

- Extensibilidad: capacidad de deformación o extensión del músculo.
- Movilidad articular: capacidad que posee el sujeto de llevar a cabo movimientos en un determinado núcleo articular, interviniendo como factores primordiales las condiciones morfológicas de la articulación y las propiedades elásticas de la musculatura y tejidos periarticulares directamente implicados en la acción [33].

Estáticos	Activos	El atleta toma una posición dirigida a estirar un determinado sector muscular, la fija en el punto de máximo estiramiento por la contracción de diferentes grupos musculares y mantiene por un tiempo variable.
	Pasivos	El atleta adopta una posición por la que consigue un estiramiento pasivo de un determinado sector muscular, y lo mantiene un tiempo.
Dinámicos	Activos	El atleta realiza un movimiento por la musculatura agonista que, al movilizar el segmento óseo interesado, obliga a estirarse a la musculatura antagonista.
	Pasivos	El atleta utiliza el peso de los distintos segmentos corporales y la fuerza de la gravedad para obtener el efecto de estiramiento.
	Mixtos	El atleta utiliza la velocidad de caída del miembro sobre el que actúa un impulso cinético, debido a la contracción de la musculatura agonista, con la finalidad de aumentar la amplitud del movimiento, y obtener así un mayor efecto de estiramiento. El movimiento sería cíclico, es decir, habrá una alternancia de acciones y efectos.

Tabla 8. Clasificación de los ejercicios de flexibilidad

1.3.5 Clasificación de los deportistas en base a su experiencia de entrenamiento

Es necesario comprender que no todos estamos óptimos o contamos con la misma condición física y la capacidad para realizar la misma planificación de entrenamiento. Según [34] proponen una clasificación en base a la experiencia de cada uno de los deportistas. Esta clasificación, en conjunto con los demás términos estudiados en este capítulo, será la base para la clasificación de cada deportista en un grupo con características similares.

La tabla 9 propone, en base a cinco preguntas, una clasificación estimada en base a la experiencia con entrenamiento de fuerza, la cual es utilizada como una guía general para

la clasificación de la población, pero debido a la unicidad de las características humanas, es necesario el diagnóstico de un especialista o mediante test de cualidades físicas mencionadas en la sección 1.3.

Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5	Clasificación estimada
¿Realiza actualmente entrenamiento de fuerza?	¿Cuánto tiempo hace que realiza entrenamiento de fuerza?	¿Con que frecuencia semanal entrena?	¿Con que dificultad considera usted que entrena?	¿Qué tipos y cuantos ejercicios realiza correctamente?	
No	X	X	X	X	Novicio Sedentario
Si	<2 meses	1 – 2	Bajo	3 – 5 ejercicios en máquinas	Novicio
Si	<2 a 4 – 6 meses	2 – 3	Bajo/Medio	6 – 10 ejercicios multiarticulares en máquinas y 3 – 5 ejercicios mono articulares	Novicio
Si	8 a 10 meses	3	Medio	1 – 11 ejercicios en máquinas multi y mono articulares	Intermedio A
Si	1 año	4	Medio/alto	> 15 ejercicios multi y mono articulares con pesos libres y máquinas	Intermedio B
Si	1 a 15 años	4	Alto	> 15 ejercicios multi y mono articulares con pesos libres, máquinas, de potencia y levantamientos	Avanzado A
Si	2 0 más años	4 – 5 o más	Muy Alto	> 15 ejercicios multi y mono articulares con pesos libres, máquinas, de potencia y levantamientos	Avanzado B

Tabla 9. Metodología para clasificar a los sujetos por el nivel de rendimiento [34].

1.3.6 Especificidad del entrenamiento (Objetivos)

1.3.6.1 Hipertrofia

Hay que señalar que existen tres factores determinantes en la ganancia de masa muscular (Hipertrofia) [31]:

- Tensión mecánica: Depende principalmente de dos aspectos fundamentales, la primera, la intensidad, lo que refiere al porcentaje cercano a nuestro RM o repetición máxima; y, la segunda, la duración de la tensión muscular, lo que refiere al tiempo bajo tensión al que es sometido el musculo.
- Estrés metabólico: Se manifiesta como resultado de la acumulación de metabolitos (como lactato, fósforo inorgánico e iones H+) y la hipoxia muscular aguda asociada al entrenamiento con cargas.

- Daño muscular: el daño muscular, producido por los dos puntos anteriores, inicia una respuesta inflamatoria de defensa por lo que se entiende que, tras la recuperación de ese daño muscular de las fibras, éstas tendrán un mayor volumen, con una alimentación y descanso adecuado los cuales vienen de la mano.

Hay que tener un entrenamiento concreto para ganar masa muscular, las variables que influyen para este proceso son [31]:

- **Intensidad:** se entiende como intensidad al grado de esfuerzo desarrollado al realizar un ejercicio en cada repetición. Es la componente cualitativa del trabajo ejecutado en un periodo determinado de tiempo. **A más trabajo realizado por unidad de tiempo mayor será la intensidad** [35]. Por ello, se debe trabajar en función del grado de entrenamiento del sujeto y se debe realizar un test para conocer el verdadero 1RM (Capítulo 1.3.2) y establecer un programa adecuado. La **tabla 10** hace una clasificación del grado de intensidad en base al porcentaje del rendimiento máximo, el cual, a mayor trabajo mayor intensidad.

Comentado [SMMA13]: Expliquen la relación de esta teoría con la tabla 10. Es como si no tuvieran relación alguna. Deberían decir algo como: los valores mostrados en la tabla 10 nos muestran que...

Comentado [MS14]: Tabla 10????

Porcentaje del rendimiento máximo individual	Grado de intensidad
30 – 50%	Bajo
50 – 70%	Intermedio
70 – 80%	Medio
80 – 90%	Submáximo
90 – 100%	Máximo
>100%	Supermáximo

Tabla 10. Escala de intensidades

- **Volumen de entrenamiento:** nos referimos al volumen de entrenamiento como la cantidad total de trabajo realizado. Las partes integrantes del volumen del entrenamiento son [35]:
 - El tiempo o la duración del entrenamiento.
 - La distancia cubierta o la carga elevada por unidad de tiempo.
 - El número de repeticiones de un ejercicio o elemento técnico ejecutado en un tiempo dado.
- **Fallo muscular:** fatiga periférica es la respuesta metabólica asociada al fallo en un entrenamiento de intensidad 70-85%.

- Velocidad de repetición: Se cree que es el factor objetivo que mejor indica si la carga aplicada al sujeto está dentro de los parámetros correctos. Dado que la intensidad debe ser media-alta, y el volumen de carga medio, el "control" de la carga por parte del sujeto es fundamental para establecer un tiempo bajo tensión que relacione directamente con el número de repeticiones y series realizadas.
- Descanso entre series: se entiende como descanso al tiempo que se descansa entre series del mismo o de diferente ejercicio, siendo un factor que afecta directamente a mantener la tensión muscular, tanto metabólica como mecánica. Un intervalo de 60-90 segundos es lo adecuado para mantener la tensión muscular sin detrimento de la intensidad.
- Duración del entrenamiento: la hipertrofia conviene tiempos cortos con intensidades altas, por lo que entre 45-90 min de duración del entrenamiento es suficiente, aunque se recalca que esto depende mucho del deportista y los años de experiencia y adaptación que tenga durante ese tiempo.
- Frecuencia de entrenamiento: la frecuencia como componente del entrenamiento tiene dos aceptaciones [35]:
 - La frecuencia del estímulo durante la unidad de entrenamiento.
 - La frecuencia de entrenamiento que indica el número de unidades de entrenamiento semanales.

Se recomienda:

Para *principiantes*: 4/5 sesiones de entrenamiento.

Para *avanzados*: 6/8 sesiones de entrenamiento.

Para *alto nivel*: 8/12 sesiones de entrenamiento.

1.3.6.2 Pérdida de grasa corporal y definición muscular

La disminución del peso graso se sustenta en la teoría del "**balance energético**" el cual se refiere a que se debe ingerir la misma cantidad de energía que gastamos y se considera dinámico y no estático [36]. El balance energético negativo; es decir, que se pierde peso graso y se mantiene la masa muscular gracias a una disminución de la ingesta calórica o un aumento del gasto energético [31].

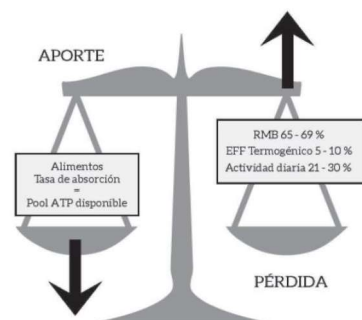


Ilustración 1. Balance energético [31]

Llevar una vida sedentaria; es decir, no realizar ningún tipo de actividad física es uno de los principales factores para el mal estado físico de las personas, cambiar ese estilo de vida es la clave para cumplir con los objetivos. El tipo de entrenamiento que se debe realizar tiene que ver con un mayor gasto energético y centrarnos en mantener la masa muscular. Las variables que existen, al igual que la hipertrofia y la fuerza máxima, son las mismas pero con diferencias en su ejecución para llegar al objetivo de perder grasa corporal y definir musculatura, estas son [31]:

- Intensidad: se establece rangos medios de intensidad de 50-60% 1RM, se piensa que no hay relación con un entrenamiento de alta intensidad y la pérdida de peso, ya que al estar aplicando cerca del 80-100% 1RM el trabajo es intenso y explosivo por lo que ayudaría a preservar la masa muscular, sin embargo, la combinación de estas dos ayudaría con el objetivo planteado. En muchas ocasiones se piensa que solo haciendo trabajos donde el gasto energético es mucho mayor, se va a perder peso; sin embargo, hay que tener un equilibrio y realizar trabajos de potencia para que el musculo también crezca a la par de perder la grasa corporal.
- Volumen del entrenamiento: se propone un número de repeticiones alto, pudiendo llegar a las 30 o 50 repeticiones con una intensidad media-baja. De esta manera el gasto energético aumentará, ya que está relacionado directamente con el trabajo mecánico (más repeticiones = más gasto energético para la misma intensidad).
- Tiempo de descanso: se recomienda un menor descanso entre series para así aumentar el componente aeróbico de la actividad. En este caso sería recomendable reducir el tiempo de descanso lo máximo posible, siempre y cuando se pueda mantener la intensidad.

- Frecuencia general del entrenamiento: esto depende del grado de entrenamiento del deportista, pero se habla de no entrenar los mismos grupos musculares al menos 48 a 72 horas después de reparar el daño muscular. Entrenando 2 grupos musculares por día, parece claro que entrenar 2-3 días por semana para principiantes, 3-4 para intermedios y 4-5 para avanzados son las frecuencias más aceptadas.

1.4 Conceptos fundamentales para la elaboración de rutinas

En este capítulo analizaremos la elaboración de rutinas como un proceso generado en base a los objetivos y necesidades propias del usuario. Para ello abordaremos los siguientes subtemas los cuales nos permitirán tratar a la “recomendación de rutinas” desde un enfoque organizado y sistemático.

1.4.1 Adaptación al entrenamiento aeróbico y anaeróbico

Un programa especializado de entrenamiento debe abarcar las principales adaptaciones por las que el organismo humano atraviesa como resultado de un entrenamiento físico. Para ello entonces definiremos el término adaptación como el equilibrio permanente de organismo ante los estímulos provocados por la actividad física [34].

1.4.1.1 Síndrome general de adaptación de Seyle

Se conoce como síndrome general de adaptación a la observación realizada por Seyle, la cual consiste en la reacción que el ser humano presenta como respuesta ante diversos estímulos, provocados de manera indistinta pero sujetos a lo que se conoce como secuencia general de adaptación.

Este proceso se detalla de mejor manera en la siguiente figura:

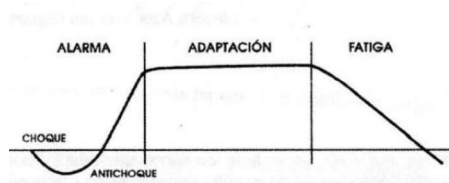


Ilustración 2. Proceso de síndrome de adaptación de Seyle [34].

El síndrome de Seyle abarca tres fases [34]:

- **Fase de alarma**
 - **Shock**
En esta fase el organismo rompe su equilibrio y se presenta una serie de ajustes para adaptarse al cambio
 - **Contra-Shock**
En esta fase el organismo asimila el cambio recibido y retorna a su equilibrio
- **Adaptación o resistencia**
En esta fase el organismo obtiene los ajustes necesarios y está listo para soportar un mayor estímulo.
- **Fatiga**
Esta fase ocurre cuando se aumenta demasiado la intensidad, con lo cual los resultados tienden a disminuir.

1.4.1.2 Ley de Umbral o ley de Arnold Schultz

Esta teoría establece que existe un estímulo mínimo necesario para que se produzca una mejora de las condiciones físicas, así como un límite superior el cual tampoco es beneficioso, pues, este es el causante de la fatiga y el sobre entrenamiento [37].

La siguiente ilustración nos muestra que, debajo del límite de "Umbral" no se produce ningún efecto, el límite del "Umbral" sirve para mantener las condiciones físicas actuales, por encima del "Umbral" y debajo de la "Máxima tolerancia" es un entrenamiento óptimo y por encima de la "Máxima tolerancia" es perjudicial para la salud.



Ilustración 3. Ley de Umbral o ley de Arnold Schultz [34].

Comentado [SMMA15]: Expliquen qué significa esta imagen?? Que son los #1, #2, etc...

1.4.1.3 Súper compensación

Este principio se explica como el equilibrio entre carga de trabajo y descanso, con la finalidad de garantizar el fenómeno biológico que capacita al cuerpo para soportar estímulos con mayor intensidad [37].

1.4.2 Adaptaciones al entrenamiento aeróbico

El organismo lleva a cabo un proceso de adaptación funcional y estructural debido a un entrenamiento aeróbico [38].

Esta adaptación consiste en la transformación del músculo para convertirse en un proveedor de energía efectivo. Estas adaptaciones están sujetas a un proceso continuo, el cual incluye una serie de ejercicios de intensidad y duración recomendada, según sea las condiciones del usuario. Estas adaptaciones son beneficiosas, tanto para sujetos deportistas como aquellos que realizan actividades cotidianas y se ve reflejado en mejoras de la salud [37].

Los cambios producidos durante el proceso de adaptación del entrenamiento aeróbico son:

- **Cambios metabólicos**

El metabolismo se define como la totalidad de los procesos bioquímicos necesarios para la vida y relativos a la síntesis, degradación y transformación de sustancias en el organismo.

Se clasifica en: metabolismo anabólico y catabólico.

Definiremos el metabolismo anabólico como el proceso de construcción, partiendo de las sustancias propias generadas por el cuerpo para dar como resultado un organismo fortificado, mientras que el catabólico será la liberación de energía empleada en procesos propios del organismo [39].

- **Cambios musculares**

Una adaptación aeróbica contribuye generando resistencia a la fatiga, aunque no parece generar grandes efectos en las fibras lentas, las cuales son las causantes de la hipertrofia, que se define en el capítulo 1.3.6.1 [38].

- **Cambios cardiovasculares**

Los cambios cardiovasculares que se presentan después de una adaptación aeróbica son:

- Los sujetos entrenados alcanzan un mayor gasto cardiaco máximo que los sujetos no entrenados.
- Reducción de la frecuencia cardiaca en reposo y durante esfuerzos máximos [34].

Comentado [SMMA16]: A veces llaman a las personas usuarios, otras veces usuarios, etc... Veamos un único término

Comentado [SMMA17]: Qué es hipertrofia??

- **Cambios respiratorios**

Los cambios respiratorios están estrechamente relacionados con los cambios vasculares. A mayor flujo de sangre mayor difusión de oxígeno.

Una de los cambios producidos, es el aumento de trabajo causado por la frecuencia respiratoria [38].

- **Cambios esqueléticos**

Existe un incremento de la densidad mineral ósea y la alteración del cartilago articular, este incremento es beneficioso desde el punto de vista del envejecimiento [38].

- **Cambios en la composición corporal**

Uno de los cambios notorios es la reducción del peso corporal, pues es la reducción de la masa con grasa y el aumento de masa sin grasa [38].

1.4.3 Adaptaciones al entrenamiento anaeróbico

El entrenamiento anaeróbico incluye métodos de entrenamiento de alta intensidad, donde la fuente de energía no es dependiente de la utilización de oxígeno. El cuerpo experimenta varios cambios con prácticamente todos los sistemas de cuerpo afectados.

- **Cambios neurológicos**

Una de las adaptaciones importantes en el proceso de entrenamiento anaeróbico, es una mejora en le unidad motora [38].

- **Cambios metabólicos**

Según varios entrenadores e investigadores concluyen que el entrenamiento anabólico genera adaptaciones biológicas que mejoran el rendimiento deportivo, pues el sistema anabólico responde proporcionalmente al entrenamiento anabólico proporcionado. [38].

- **Cambios esqueléticos**

Una de las adaptaciones más importantes durante el proceso de entrenamiento se traduce en una mejora de salud ósea. Existen varios estudios que sustentan la relación directa y positiva entre los efectos generados durante un entrenamiento anaeróbico y la densidad ósea [38].

- **Cambios en composición corporal**

Las principales adaptaciones son el aumento de la masa magra y disminución de porcentaje de grasa [38].

- **Cambios musculares**

El entrenamiento anaeróbico aumenta el tamaño del músculo a través de la hipertrofia, proceso de aumento en el tamaño de las fibras musculares. Otras adaptaciones musculares incluyen la mejora de la liberación de calcio y el aumento de la capacidad de almacenamiento. Martin Berchtold, Heinrich Brinkmeier, y Markus Müntener describen el papel del calcio como la principal molécula reguladora y la señalización en todas las fibras musculares. La liberación de calcio mejora la capacidad de los músculos para usarlo. Una mayor capacidad de almacenamiento ayuda a tu cuerpo a combatir la fatiga muscular [38].

- **Cambios cardiovasculares**

El sistema cardiovascular responde rápidamente al ejercicio anaeróbico, aumentando el ritmo cardíaco, Estas respuestas ayudan a asegurar que suficiente oxígeno se entrega a los músculos a través de la sangre. Esto significa que se mejora el rendimiento debido a una mejor utilización del suministro de sangre [38].

1.4.4 Comparación entre adaptaciones al entrenamiento aeróbico y anaeróbico

La comparación entre adaptación aeróbica y anaeróbica ayudará a identificar el proceso, a enfatizar durante la planificación deportiva basada en objetivos y necesidades.

El siguiente cuadro muestra una comparación entre las adaptaciones producidas por un entrenamiento aeróbico y un entrenamiento anaeróbico.

Variable	Entrenamiento de fuerza	Entrenamiento aeróbico
	Rendimiento	
Fuerza muscular Resistencia muscular Potencia aeróbico Producción de fuerza Salto vertical Potencia anaeróbico Velocidad en sprint	Aumenta Aumenta a nivel alto No cambia Aumenta Aumenta Aumenta Mejora	No cambia Aumenta a nivel alto Aumenta No cambia No cambia No cambia No cambia
	Fibra muscular	
Tamaño de fibra Densidad capilar Densidad mitocondrial Miosina rápida y pesada	Aumenta No cambia o disminuye Disminuye Aumenta	No cambia Aumenta Aumenta No cambia
	Actividad enzimática	
Fosfoquinasa de creatina Mioquinasa Foslofructoquinasa Deshidrogenasa de lactat	Aumenta Aumenta Aumenta No cambia o variable	Aumenta Aumenta Variable Variable
	Reservas de energía	
ATP Fosfato de creatina Glucógeno Triglicéridos	Aumenta Aumenta Aumenta No cambia	Aumenta Aumenta Aumenta Aumenta
	Tejido conectivo	
Fuerza del ligamento Fuerza del tendón Contenido de colágeno Densidad ósea	Aumenta Aumenta Variable Aumenta	Puede aumentar Puede aumentar Puede aumentar Aumenta o no cambia
	Composición corporal	
% de grasa Masa fibrosa	Disminuye Aumenta	Disminuye No cambia

Tabla 11. Comparación entre adaptación aeróbica y anaeróbica [26]

1.5 Métodos de entrenamiento

Cada deportista, además de tener sus propias características y sus objetivos de entrenamiento, tiene un método de cómo entrenar que le ayudará a cumplir dichos objetivos. Estos métodos vienen compuestos de diferentes variables. Las variables que se aplican a todos los métodos son: por su nivel de dificultad, adaptabilidad, y por objetivo a cumplir. Cabe recalcar que no todos los métodos que se presentarán a continuación se podrían utilizar como una opción de entrenamiento para los usuarios del gimnasio de la EPN, ya que dichos métodos deben adaptarse a la disponibilidad de las máquinas de

Comentado [SMMA18]: Expliquen por qué no se podría...

ejercicios e implementos deportivos, y al tiempo de entrenamiento de cada sesión, el cual debe ser corto y acorde a la disponibilidad de tiempo del estudiante politécnico estándar.

1.5.1 Superseries

Este método consiste en alternar dos series de ejercicios que implican grupos musculares distintos [31]. Permite ahorrar tiempo, ya que se hace 2 series, trabajando distintos grupos musculares, en menor tiempo, aumenta la intensidad del entrenamiento (igual o mayor esfuerzo en menos tiempo), significa un mayor aporte sanguíneo a los músculos y mejora la flexibilidad. Las que unen dos ejercicios del mismo grupo muscular buscan llevar un músculo al agotamiento máximo. En este grupo encontramos las series prefatiga, en las que se realiza un ejercicio de un músculo aislado, seguido de un ejercicio compuesto (involucra otros grupos musculares secundarios). Las que trabajan músculos opuestos o antagonistas, por ejemplo, hacer una serie de bíceps y otra de tríceps mejora la tasa de recuperación del bíceps y viceversa [40].

1.5.2 Series compuestas

Este método consiste en alternar dos o más ejercicios para el mismo grupo muscular. El objetivo es conseguir un mayor estrés metabólico a través del incremento del tiempo bajo tensión. El número de ejercicios seleccionados se clasifica en [31]:

- Biserias o superseries (Capítulo 1.5.1): como ya vimos las biseries se componen de 2 ejercicios del mismo grupo muscular, en este caso agonista. Uno de ellos será el ejercicio principal; y el otro, el secundario el cual involucra otros músculos indirectamente.
- Triseries: unir tres ejercicios del mismo grupo muscular. En este caso un ejercicio será global y los otros secundarios.
- Series gigantes: unir 4 o más ejercicios del mismo grupo muscular. El problema con este método es que la intensidad (1RM%) no puede sobrepasar del 50%, lo que para hipertrofia no sería recomendable, sin embargo, la fuerza puede verse mejorada.

1.5.3 Series en pirámide

En este método se verá involucrada la intensidad (1RM) en una sola serie; es decir, se empieza con la menor intensidad 10-30% 1RM hasta llegar a la máxima intensidad 100% 1RM o viceversa es decir [31]:

- Pirámide creciente o tradicional: se caracteriza por un incremento de los pesos y disminución del número de repeticiones por serie. Se parte de pesos moderados a ligeros, hasta llegar al máximo de las posibilidades.
- Pirámide invertida: comienza con los pesos más elevados para finalizar con los más bajos.
- Doble pirámide o creciente decreciente: consiste en dos pirámides seguidas, incrementando el peso y disminuyendo las repeticiones en la 1ª pirámide, y realizando lo contrario en la 2ª

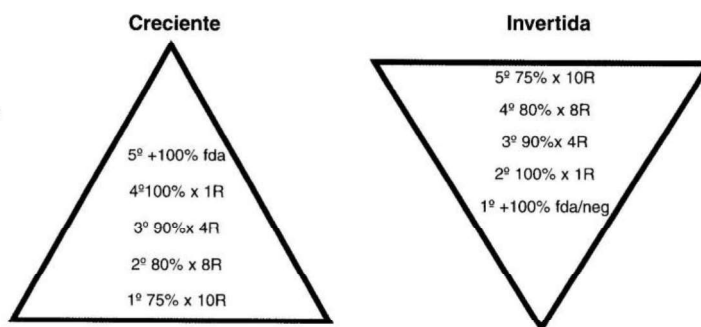


Ilustración 4. Ejemplo de pirámide creciente e invertida [31].

1.5.4 Series descendentes

Muy relacionado con las biseries, con la diferencia de que no se cambia de ejercicio, si no consiste en ir descendiendo el peso un 10-15% 1RM a medida que avanza cada serie y siempre llegando a la fatiga o fallo muscular [31].

1.5.5 Series en oleaje (carga ondulante)

Este método consiste en alternar series de cargas ligeras con cargas altas o máximas en la misma sesión de entrenamiento, mejorando la fuerza máxima y/o fuerza explosiva

(usada por los halterófilos). A pesar de parecer similar a las series descendentes, estas bajan y suben las cargas alternado las mismas, es decir:

Serie	Repeticiones	Intensidad (%1RM)
1	1 - 2	90
1	3 - 6	50
1	7 - 8	85
1	9 - 10	60

Tabla 12. Ejemplo método modificando las cargas entre series [24].

1.5.6 Repeticiones medias, parciales, ardientes o de quemazón

En un único ejercicio, se efectúa el número máximo de repeticiones con la intensidad elegida hasta el fallo muscular, para continuar con 5 o 6 repeticiones parciales más, sin variar la intensidad. Las parciales se realizan acortando el rango de movimiento de la repetición; es decir, no alargando totalmente el rango de movimiento o estirar en su totalidad el músculo [31].

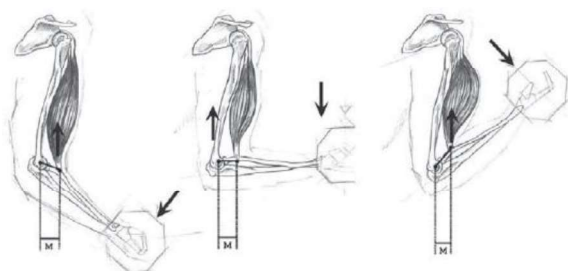


Ilustración 5. Rango de movimiento con ventaja mecánica [31].

1.5.7 Métodos 10x10

Como su nombre lo indica, este método consiste en realizar 10 series de 10 repeticiones, usada para obtener ganancias de hipertrofia máximas. Existe 3 variantes [31]:

- Método alemán de volumen: consiste en mantener la intensidad constante (aproximadamente 65% 1RM) con descansos de 1-3 minutos entre series.
- Modificación del método Oxford: en este caso habría que disminuir 0.5 kg de peso (intensidad) cada 1 o 2 series para permitir que sean 10RM.
- Mantener ambas constantes: una mezcla de las dos variantes anteriores.

1.5.8 HIT (HIGH INTENSITY TRAINING)

Este método se caracteriza por un alto nivel de esfuerzo percibido, una técnica perfecta y los siguientes componentes de la carga de entrenamiento [31]:

- Intensidad de carga (%1RM): desde moderada a alta, aumentando por semana aproximadamente un 5%.
- Frecuencia de entrenamiento: no más de tres entrenamientos para los principiantes en días no consecutivos, mientras los avanzados con menos de esa frecuencia.
- Volumen de entrenamiento: 30 min basta para este método.
- Velocidad de repetición: método superlento en el que las repeticiones tienen un tiempo de 4 segundos de duración por cada repetición.
- Rango de movimiento: completo, hasta llegar a estar el músculo por completo.
- Descanso: inmediato hasta llegar al siguiente ejercicio.

1.5.9 Entrenamiento agrupado

Consiste en introducir pausas o descansos entre las repeticiones en vez de entre las series. De este modo, la recuperación entre cada repetición reduce la aparición de la fatiga y permite un mantenimiento del rendimiento neuromuscular.

1.5.10 Métodos excéntricos

La capacidad de un músculo para generar fuerza varía a lo largo de toda la amplitud de movimiento, por lo que este método se riga más en los rangos de movimiento en ciertos ejercicios. Habiendo más amplitud para una mayor concentración en las fibras musculares [31].

1.5.11 Entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo

Actualmente es una técnica emergente, que se logra a través de la aplicación de presión externa sobre la porción proximal de las extremidades superiores o inferiores. Este tipo de entrenamiento se realiza según las condiciones de la tabla. Se utiliza de manera única y exclusiva en una sesión de entrenamiento.

Intensidad	Seres efectivas	Repeticiones	Descanso	Tiempo	Tiempo total con banda
20 - 50% 1RM	3 - 5 series	>15 hasta el fallo	30 - 60 segundos	Medio	10 - 20 minutos

Tabla 13. Componentes principales de la carga de entrenamiento [24].

1.5.12 Principio de la contracción pico de Weider

Durante una de las sesiones normales de entrenamiento, trabajando dos grupos musculares distintos con una intensidad media de 50-80% 1RM, consiste en mantener la carga durante unos segundos al completar el movimiento mediante una contracción máxima en la parte del ejercicio donde hay mayor tensión muscular [31].

1.5.13 STT (SYSTEMATIC TOUCH TRAINING)

Se trabaja en pareja donde el ejecutante realiza las repeticiones y el compañero toca el músculo implicado para conseguir los siguientes efectos [31]:

- Estimulación de los reflejos sensor motores.
- Cambio en el orden de la reclutación de unidades motoras.
- Mejora de la coordinación intermuscular.

1.5.14 Planificación y periodización del entrenamiento

La planificación se define como el proceso en el cual se establece la orientación del entrenamiento a lo largo de un ciclo del mismo, mientras que la periodización es secuenciar dicho ciclo en fases acorde a objetivos específicos [34].

El concepto de periodización se originó fundamentándose en el ciclo de Selye anteriormente mencionado en este capítulo 1.3.1.

Basándose en el modelo de periodización tradicional establecido por Matveiv consideraremos los términos que posteriormente se emplearán para la planificación de rutina [34].

- **Macro ciclo:** representa la longitud de un período específico en el cual se define el plan de entrenamiento que se empleará durante todo el ciclo.
- **Meso ciclo:** representa una subdivisión de un macro ciclo que son cuantificados de acuerdo con los objetivos del entrenamiento.

- **Microciclo:** representa un periodo de tiempo específico en el cual se contemplan varias sesiones, las cuales están orientadas a direcciones de fuerza específicas.
- **Sesión:** representa el conjunto de ejercicios a realizar con un objetivo específico.
- **Serie:** representa el conjunto de repeticiones a realizar de un mismo ejercicio.

1.6 Selección de los métodos de entrenamiento para la planificación de rutinas

Para la elección de los métodos de entrenamiento aplicables al gimnasio de la EPN, se consideró todos los expuestos en el capítulo 1.5. Estos métodos serán comparados en una tabla con diferentes métricas, y en la que se definirá cuál de ellas son las más usadas y óptimas para ejecutar en el gimnasio de la EPN y que puedan cumplir con los objetivos planteados. Se contó con la ayuda y supervisión del instructor del gimnasio de la EPN para puntuar cada uno de los métodos de entrenamiento según su experiencia. Es así que las métricas se distribuyen en:

- **Adaptabilidad:** disponibilidad de realizar el plan de entrenamiento dentro de las instalaciones del gimnasio de la EPN.
- **Objetivos abarcados:** cuál de los diferentes planes de entrenamiento cumple con los objetivos planteados por el deportista.

Método de entrenamiento/Criterio	Adaptabilidad	Objetivo de Volumen	Objetivo de Fuerza	Objetivo de Definición	TOTAL
	10%	30%	30%	30%	100%
Weider	9	9	5	8	7,5
HIT	5	4	6	9	6,2
Super Series	8	8	8	8	8
Serías Compuestas	a	7	8	9	8
Serías en Pirámide	8	6	8	9	7,7
Serías Descendentes	6	5	7	5	5,7
Serías en Oleaje	5	8	5	6	6,2
Repeticiones Medias	5	4	8	6	5,9
Método 10x10	8	7	8	9	8
Entrenamiento Agrupado	8	6	6	6	6,2
Método Excéntrico	4	6	6	6	5,8
Entrenamiento con restricción	4	8	7	6	6,7
STT	4	5	6	6	5,5

Tabla 14. Comparación de métodos de entrenamiento

Los métodos mejor puntuados son: Weider, Super Serie, Series Compuestas, Series Pirámide y Método 10x10 los cuales entrarán en un proceso de planificación en el cual se define la orientación del entrenamiento a lo largo del mismo y en un modelo de periodización mencionado en el capítulo 1.4.

Un **Macro ciclo**, el cual representa la longitud de un periodo en específico, se definirá en un tiempo de 6 meses, lo que dura un semestre dentro de la EPN. En el **Mesociclo**, que representa la subdivisión de un macrociclo, será de 3 meses lo que le permitirá al deportista, al término de esos 3 meses, replantear sus objetivos para los siguientes meses restantes. En el **Microciclo** se contemplarán varias sesiones de entrenamiento por semana y en cada **sesión** se ejecutará el método de entrenamiento que el deportista realice.

MESO-CICLO (MES 1)																			
MICRO-CICLO (Semana 1)					MICRO-CICLO (Semana 2)					MICRO-CICLO (Semana 3)					MICRO-CICLO (Semana 4)				
Sesión 1	Sesión 2	Sesión 3	Sesión 4	Sesión 5	Sesión 1	Sesión 2	Sesión 3	Sesión 4	Sesión 5	Sesión 1	Sesión 2	Sesión 3	Sesión 4	Sesión 5	Sesión 1	Sesión 2	Sesión 3	Sesión 4	Sesión 5
Método de entrenamiento																			

Tabla 15. Subdivisión del mesociclo

MACRO-CICLO (1 SEMESTRE)																							
MESO-CICLO (MES 1)				MESO-CICLO (MES 1)				MESO-CICLO (MES 1)				MESO-CICLO (MES 1)				MESO-CICLO (MES 1)							
Micro-ciclo (semana 1)	Micro-ciclo (semana 2)	Micro-ciclo (semana 3)	Micro-ciclo (semana 4)	Micro-ciclo (semana 1)	Micro-ciclo (semana 2)	Micro-ciclo (semana 3)	Micro-ciclo (semana 4)	Micro-ciclo (semana 1)	Micro-ciclo (semana 2)	Micro-ciclo (semana 3)	Micro-ciclo (semana 4)	Micro-ciclo (semana 1)	Micro-ciclo (semana 2)	Micro-ciclo (semana 3)	Micro-ciclo (semana 4)	Micro-ciclo (semana 1)	Micro-ciclo (semana 2)	Micro-ciclo (semana 3)	Micro-ciclo (semana 4)	Micro-ciclo (semana 1)	Micro-ciclo (semana 2)	Micro-ciclo (semana 3)	Micro-ciclo (semana 4)

Tabla 16. Subdivisión del macrociclo

1.7 Conceptos fundamentales sobre aprendizaje de máquina

1.7.1 Estado del arte

La inteligencia artificial tiene aplicaciones en muchas actividades, siendo de especial interés para el caso de estudio aquellas que son realizadas de manera cotidiana por el ser humano. Es así que resulta necesario mencionar la influencia de la inteligencia artificial en actividades como son:

- Sistemas de diagnóstico médico, basado en análisis probabilístico.
- Automatización de la planificación y organización logística del transporte [25].

Haremos énfasis entonces en la planificación deportiva, la cual debe ser vista como una combinación entre un sistema de diagnóstico y una automatización de la planificación deportiva dentro de un sitio acorde para el desarrollo de esta actividad. En la actualidad existen muchos aplicativos de gran beneficio para la planificación deportiva durante el desarrollo de actividades en un gimnasio [41].

Uno de los aplicativos más populares entre los amantes del fitness según lo destaca [6] es *Fitbod*, el cual hace uso de la inteligencia artificial para, en base a datos característicos del usuario, emitir la rutina idónea para éste. Dicha aplicación, como se define en la descripción publicada en el *AppStore*, corresponde a un aplicativo capaz de generar un plan de entrenamiento personalizado basado en objetivos *fitness*. Notamos entonces que la elaboración de rutinas, haciendo uso de inteligencia artificial, es viable según aplicaciones anteriormente desarrolladas. Siendo la finalidad de este proyecto, crear un sistema que facilite y proporcione la planificación de actividades en el gimnasio de la Escuela Politécnica.

1.7.2 Aprendizaje de máquina

Para entender el concepto de aprendizaje de máquina, es necesario la observación de procesos naturales. Según [42] considera un ejemplo a la: *“Timidez del cebo: ratas que aprenden a evitar los cebos venenosos: cuando las ratas encuentran alimentos con apariencia u olor nuevos, primero comen cantidades muy pequeñas y la alimentación posterior dependerá del sabor del alimento y de su efecto fisiológico. Si el alimento produce un efecto negativo, el nuevo alimento se asociará a menudo con la enfermedad, y posteriormente, las ratas no la comerán. Claramente, hay un mecanismo de aprendizaje en juego, el animal usó la experiencia pasada con alguno”*. Por su parte [42] menciona que

Comentado [SMMA19]: Pueden usar palabras en Inglés, pero las ponen en cursiva. Otra podría ser AppStore. Aplica a marcas, tecnologías, etc que sean conocidas.

“El aprendizaje es cualquier cambio en un sistema que le permite desempeñarse mejor la segunda vez en la repetición de la misma tarea o en otra tarea de la misma población. El aprendizaje denota cambios en el sistema que son adaptativos en el sentido de que permiten que el sistema realice la misma tarea para las tareas realizadas de la misma población de manera más eficiente y más eficaz”. El aprendizaje de máquina nos propone nuevas formas de procesamiento de información, para determinar patrones de clasificación, según las entradas propuestas.

1.7.3 Formas de aprendizaje

Un agente de aprendizaje puede ser diseñado con un elemento de acción que decide qué acciones llevar a cabo y con un elemento de aprendizaje que modifica el elemento de acción para poder tomar mejores decisiones. El diseño de un elemento de aprendizaje se ve afectado mayoritariamente por tres aspectos [43]:

- ¿Qué componentes del elemento de acción tienen que aprenderse?
- ¿Qué retroalimentación está disponible para aprender dichos componentes?
- ¿Qué tipo de representación se usa para los componentes?

Los componentes de estos agentes incluyen lo siguiente [43]:

1. Una proyección directa de las condiciones del estado actual a las acciones.
2. Un método para inferir las propiedades relevantes del mundo a partir de una secuencia de percepciones.
3. Información sobre cómo evoluciona el mundo y sobre los resultados de las posibles acciones que el agente puede llevar a cabo.
4. Información de utilidad, que indica lo deseables que son los estados.
5. Información acción-valor, que indica lo deseables que son las acciones.
6. Metas que describen las clases de estados que maximizan la utilidad del agente.

Cada uno de estos componentes pueden aprenderse con una retroalimentación apropiada. Consideremos, por ejemplo, un agente entrenándose para asignar rutinas de ejercicio. Cada vez que el instructor asigne a un no-atleta una rutina de menor intensidad, el agente puede aprender una regla, condición o acción que le indique cuándo asignar dicha rutina (componente 1). Realizando acciones y observando sus resultados (por ejemplo, asignar a un no-atleta una rutina de mucha intensidad) puede aprender las consecuencias de sus

acciones (componente 3). Además, si asigna correctamente las rutinas, puede aprender un componente útil de su función de utilidad (componente 4).

El tipo de retroalimentación disponible para el aprendizaje, normalmente es el factor más importante a la hora de determinar la naturaleza del problema de aprendizaje que tiene que afrontar el agente. Se distinguen tres distintos tipos de aprendizaje [43]:

1. Supervisado
2. No supervisado
3. Refuerzo

1.7.3.1 Aprendizaje supervisado

El objetivo de aprendizaje supervisado consiste en aprender una función (tarea) a partir de ejemplos de sus entradas y sus salidas [43].

El objetivo del algoritmo de aprendizaje es ajustar los pesos de la red de manera tal que la salida generada sea lo más cercanamente posible a la verdadera salida, dada una cierta entrada. Este aprendizaje se llama supervisado pues se conoce el patrón de salida, el cual hace el papel de supervisor de la red.

Este tipo de aprendizaje se suele llevar a cabo de las siguientes formas [43]:

1.7.3.1.1 Aprendizaje por corrección de error

Este tipo de aprendizaje se caracteriza por el reajuste de los pesos de las conexiones en base al error de la salida producido entre los valores deseados y los obtenidos por la red.

1.7.3.1.2 Aprendizaje por refuerzo

En este tipo de aprendizaje, a diferencia del anterior, el trabajo del supervisor de la red se asemeja más a la de un crítico aprobando el valor generado por la red.

1.7.3.1.3 Aprendizaje estocástico

Este tipo de aprendizaje consiste en asignar un valor aleatorio a los pesos y luego comparar los valores producidos con los deseados, haciendo uso de las distribuciones de probabilidad.

1.7.4 Métodos de aprendizaje supervisado

1.7.4.1 Árboles de decisión

Los árboles de decisión son uno de los métodos más sencillos y con más éxito para construir algoritmos de aprendizaje. Los árboles de decisión se describen primero como herramienta de desarrollo, y luego se muestra cómo aprenderlos [43].

1.7.4.2 Árboles de decisión como herramienta de desarrollo

Un árbol de decisión toma como entrada un objeto o una situación a través de un conjunto de atributos y devuelve una "decisión", la cual es la salida que se espera obtener dadas las entradas. Los atributos de entrada pueden ser discretos o continuos, así como los valores de las salidas; aprender una función de valores discretos se denomina clasificación; aprender una función continua se denomina regresión [43].

Los árboles de decisión desarrollan secuencias para poder alcanzar una decisión. Cada uno de los nodos del árbol corresponde a una secuencia sobre el valor de una de las propiedades, y las ramas que salen del nodo están etiquetadas con los posibles valores de dicha propiedad. Cada nodo hoja del árbol representa el valor que ha de ser devuelto, si dicho nodo es alcanzado. Un árbol de decisión está formado por un conjunto de nodos de decisión, nodos internos, y un conjunto de nodos respuesta u hojas [43]:

- Un nodo de decisión está asociado a uno de los atributos y tiene 2 o más ramas que salen de él, cada una de ellas representando los posibles valores que puede tomar dicho atributo. Lo que resulta es que los nodos son como preguntas que se le hace al ejemplo analizado, y dependiendo de las respuestas, las ramas serán el camino saliente.
- Un nodo respuesta está asociado a la clasificación que se quiere proporcionar, y nos devuelve la decisión del árbol con respecto al ejemplo de entrada.

1.7.4.3 Redes neuronales

Las redes neuronales surgen como una respuesta ante la imposibilidad de solucionar problemas en base a la representación algorítmica de todas las combinaciones posibles en situaciones reales [44].

"Las redes neuronales tratan de reproducir el esquema neuronal, tanto en sus unidades de proceso (neuronas), como en sus conexiones y modo de establecerlas" [44].

Una neurona se encuentra constituida por el axón y las dendritas. El axón se encarga de emitir la señal, la cual es transmitida por las dendritas, este proceso se replica entre millones de neuronas interconectadas para producir la sinapsis.

Las redes artificiales están basadas en tres propiedades fundamentales del comportamiento neuronal [44]:

- La integración de impulsos.
- La transmisión de la excitación o inhibición entre neuronas continuas, estableciendo mapas complejos
- Facilidad de transmisión al repetirse las conexiones entre neuronas.

1.7.4.4 Ventajas de Redes Neuronales

Las redes neuronales tienen muchas características similares a las de un cerebro. Son capaces de aprender de las experiencias y determinar pronósticos en base a casos conocidos. Estas características se traducen en las siguientes ventajas [45]:

- Aprendizaje adaptativo: es capaz de ejecutar tareas en base a experiencias previas o entrenamiento.
- Autoorganización: basado en un aprendizaje previo, es capaz de crear una organización propia.
- Tolerancia a fallos: Conserva alguna de sus capacidades, incluso después de una destrucción parcial de la red.
- Fácil implementación dentro de la tecnología existente.

1.7.4.5 Elementos básicos que componen una red neuronal

Una red neuronal está estructurada por neuronas conectadas entre sí, organizadas en tres grupos: la capa de entrada, la capa de salida y la capa oculta, la cual está entre las dos anteriores y puede contener una subdivisión de capas en ella [45].

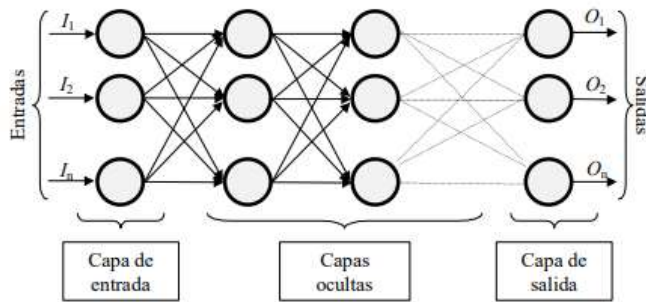


Ilustración 6. Ejemplo de una Red Neuronal [45].

1.7.4.5.1 Función de entrada

La función de entrada consiste en representar todas las entradas que se encuentran en lo que se conoce como vector de entrada en una sola entrada global.

Las funciones más conocidas son [45]:

- Sumatoria:

$$\sum_j (n_{ij} w_{ij}), \text{ con } j = 1, 2, \dots, n$$

- Productoria:

$$\prod_j (n_{ij} w_{ij}) \text{ con } j = 1, 2, \dots, n$$

- Máximo de las entradas pesadas:

$$\max_j (n_{ij} w_{ij}) \text{ con } j = 1, 2, \dots, n$$

1.7.4.5.2 Función de activación

Es la representación de la excitación o no excitación de una red biológica en una red artificial la cual puede producir diferentes estados de adaptación, según sea la función de activación empleada [45].

1.7.4.5.3 Función de salida

La función de salida es la salida que se produce en la neurona, la cual puede tomar valores en el rango de $[0, 1]$, $[1-1]$ [45].

1.7.4.6 Redes Bayesianas

Las redes bayesianas se definen como grafos dirigidos acíclicos [46].

Se basan en fundamentos de teoría de probabilidad.

Una red bayesiana se estructura de nodos los cuales representan el conjunto de variables de entrada y los enlaces, entre estos representan las relaciones de dependencias entre las variables [46].

En el área deportiva el uso de esta técnica ya ha sido empleada basándose en históricos de partidos de fútbol de la premier league para predecir próximos resultados [47].

1.7.4.6.1 Ventajas

Ventajas en la aplicación de Redes Bayesianas [48]:

- Permiten combinar el juicio del experto con las fuentes de datos disponibles y realizar inferencias entre el subconjunto de variables.
- Se reduce el número de parámetros necesarios
- Proporciona métodos flexibles de razonamiento basados en la propagación de las probabilidades a lo largo de la red.
- Trabajan con datos perdidos de una manera eficiente.
- Permiten la realización de inferencias bidireccionales.

CAPÍTULO 2. SELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA Y HERRAMIENTAS

En este capítulo se analizará la selección de la metodología y las herramientas adecuadas para llevar a cabo el desarrollo del presente proyecto.

El aplicativo recomendador de rutinas para el gimnasio de la EPN será abordado desde cuatro tópicos para su desarrollo, estos son:

- Metodología de desarrollo
- Metodología de aprendizaje de máquina
- Metodología base para la planificación de rutinas
- Conjunto de herramientas a emplear en el desarrollo.

2.1 Metodología de desarrollo

La metodología hace referencia al conjunto de procedimientos racionales que se utilizan para alcanzar un objetivo específico que requiera habilidades y conocimientos propios. Una metodología es el conjunto de métodos que se utilizan en una determinada actividad para formalizarla y optimizarla, determinando pasos a seguir y cómo realizarlos para finalizar una tarea.

Las metodologías se clasifican en dos [49]:

- Metodología tradicional
- Metodología ágil

2.1.1 Metodología Tradicional

Elegir una metodología para el desarrollo de un proyecto es sumamente importante para el éxito del producto final. La metodología tradicional se centra en llevar una documentación exhaustiva de todo el proyecto, la planificación y control de éste, en especificaciones precisas de requisitos y modelado y en cumplir con un plan de trabajo, todo esto definido en la fase inicial del proyecto [50] [49]. Existe una gran disciplina a la hora de imponer una metodología tradicional.

Ventajas

- Los clientes interactúan con el equipo de desarrollo mediante reuniones.

- Grupos de gran tamaño y varias veces distribuidos en diferentes sitios.
- Dependencia de la arquitectura de software mediante modelos.
- Basadas en normas de estándares de desarrollo.

Desventajas

- Documentación exhaustiva de todo el proyecto.
- Poco *Feedback* de lo que extiende el tiempo de entrega.
- Mínimos roles.
- Procesos muy controlados por políticas y normas.
- Seguimiento estricto del plan inicial de desarrollo.
- Rigidez ante los cambios.
- Altos costos al implementar un cambio.
- No ofrecer una buena solución para proyectos donde el entorno es volátil.

Las metodologías tradicionales o formales se focalizan en documentación, planificación y procesos; a continuación, se detalla las metodologías más usadas dentro de los métodos tradicionales.

2.1.1.1 RUP (*Rational Unified Process*)

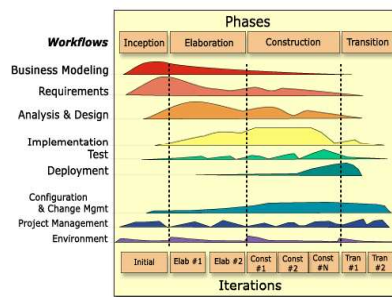


Ilustración 7. RUP [51].

RUP provee un acercamiento disciplinado para asignar tareas y responsabilidades dentro de una organización de desarrollo. El objetivo de RUP es respetar el cronograma y el presupuesto para asegurar la producción de software de alta calidad que satisfaga los requerimientos de los usuarios finales. Es guiado por casos de uso y centrado en la arquitectura, y utiliza UML (*Unified Modeling Language*) como lenguaje de notación [51]. Las cuatro fases del ciclo de vida son:

- Concepción
- Elaboración
- Construcción
- Transición

Ventajas

- Evaluación en cada fase que permite cambios de objetivos.
- Funciona bien en proyectos de innovación.
- Es sencillo, ya que sigue los pasos intuitivos necesarios a la hora de desarrollar el software.
- Seguimiento detallado en cada una de las fases

Desventajas

- La evaluación de riesgos es compleja.
- Excesiva flexibilidad para algunos proyectos.
- Estamos poniendo a nuestro cliente en una situación que puede ser muy incómoda para él.
- Nuestro cliente deberá ser capaz de describir y entender a un gran nivel de detalle para poder acordar un alcance del proyecto con él.

2.1.1.2 Microsoft Solution Framework (MSF)

MFS, más que una metodología rígida de administración de proyectos es una serie de modelos que puede adaptarse a cualquier proyecto de tecnología de información [51].

Fases de un proyecto [51]:

- Visión y Alcances
 - Los participantes del proyecto establecen soluciones para satisfacer los requerimientos y los objetivos principales del proyecto.
- Planificación
 - Se realizan los procesos de diseño conceptual, lógico y físico, y también se realiza la especificación funcional para la aprobación del proyecto.
- Desarrollo
 - Los encargados del proyecto realizan una serie de análisis para medir el progreso y verificar que los procesos estén bien sincronizados.

- Estabilización
 - Se realizan pruebas en un entorno real para verificar el correcto funcionamiento del producto.
- Implantación
 - Se implanta la tecnología y los componentes que se utilizan para la solución, se revisa el funcionamiento y se obtiene la aprobación final del cliente.



Ilustración 8. MSF [51].

Ventajas

- Ayuda a implantar soluciones en base a la tecnología.
- Fácil manejo del modelo.
- Facilidad de soporte y mantenimiento.
- Efectúa trabajo en equipo y la colaboración.
- Se utiliza en proyectos de cualquier magnitud.
- Crea una disciplina de análisis de riesgos que ayuda y evoluciona con el proyecto.
- Cuenta con plantillas que ayuda con el proceso de documentación

Desventajas

- Demasiada documentación en sus fases.
- El análisis de riesgo suele llevar mucho tiempo, deteniendo el avance del proyecto.
- Solo se puede utilizar herramientas de *Microsoft*.

2.1.1.3 Cascada (*Waterfall*)

Esta metodología es dominada así por la posición de las fases en su desarrollo, ya que parecen caer en "cascada" hacia las siguientes fases, ordenando rigurosamente las etapas del proceso para el desarrollo de software, de tal forma que el inicio de cada etapa debe de esperar la finalización de la etapa anterior [52].

Uno de los problemas al aplicar esta metodología, es que, no podemos esperar que las especificaciones iniciales sean correctas y completas y que el usuario puede cambiar de opinión sobre una u otra característica. Además, los resultados no se pueden visualizar hasta muy avanzado el proyecto por lo que cualquier cambio en los requerimientos iniciales puede suponer de un retraso, además de un alto coste de desarrollo.

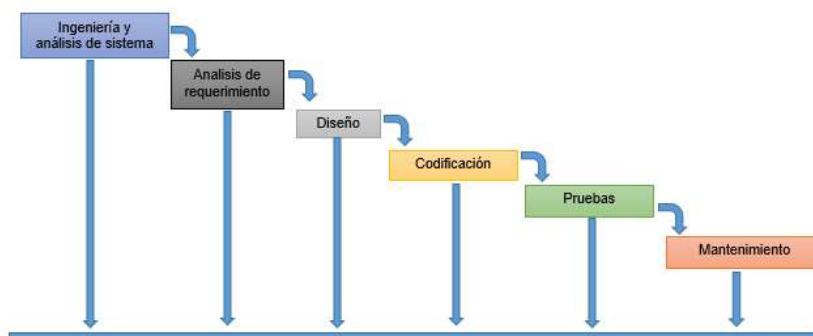


Ilustración 9. Ciclo de vida en cascada [52].

Desventajas

- Los proyectos reales raramente siguen el flujo secuencial que propone el modelo.
- Es difícil para el cliente establecer explícitamente al principio todos los requisitos.
- El cliente debe tener paciencia, hay que llegar a etapas finales del proyecto para que pueda haber una versión operativa del programa. Un error importante no detectado puede ser desastroso.

2.1.2 Metodología Ágil

Durante varios años el esquema tradicional para abordar el desarrollo de software ha demostrado ser efectivo y necesario en proyectos de gran tamaño. Sin embargo, en proyectos actuales donde el entorno del sistema es muy cambiante este esquema no resulta ser el más adecuado, por lo que se desea reducir los tiempos de desarrollo, pero manteniendo una alta calidad [52].

La alta competitividad actual hace que los sistemas de información tengan que desarrollarse en forma rápida, lo que muchas veces nos dejan con un sistema lleno de errores, inmanejable y que no se puede mantener. Adaptar las metodologías tradicionales a un entorno cambiante y lleno de presiones, en el que obtener un resultado rápido, se ha vuelto crucial para el éxito de las organizaciones. La metodología necesariamente ha de

ser ágil, debe tener un ciclo corto de desarrollo y debe incrementar las funcionalidades en cada iteración.

Es por eso por lo que, así como las tradicionales, se han creado metodologías ágiles y por consecuencia se creó el Manifiesto Ágil.

En el "Manifiesto Ágil" se definen 4 valores principales, estos son [52]:

- Los individuos y las interacciones entre ellos son más importantes que las herramientas y los procesos empleados.
- Es más importante crear un producto software que funcione, que escribir documentación exhaustiva.
- La colaboración con el cliente debe prevalecer sobre la negociación de contratos.
- La capacidad de respuesta, ante un cambio, es más importante que el seguimiento estricto de un plan.

Ventajas

- Ofrecen una rápida respuesta al cambio.
- Mayor interacción con el cliente, con numerosas reuniones, dando tranquilidad durante todo el proyecto.
- Menor impacto en cuanto a cambios repentinos.
- Importancia de la simplicidad, al eliminar trabajo innecesario.
- Simplificación de la sobrecarga de procesos.

Desventajas

- Falta de documentación del diseño.
- Problemas derivados de la comunicación oral.
- Fuerte dependencia de las personas.
- Restricciones en cuanto al tamaño de los proyectos.
- Problemas derivados del fracaso de los proyectos ágiles. Si un proyecto fracasa no hay documentación sustentada, por lo que todo el sistema queda en las mentes de los desarrolladores.

A continuación, se detalla las metodologías ágiles más usadas

2.1.2.1 Programación Extrema (XP)

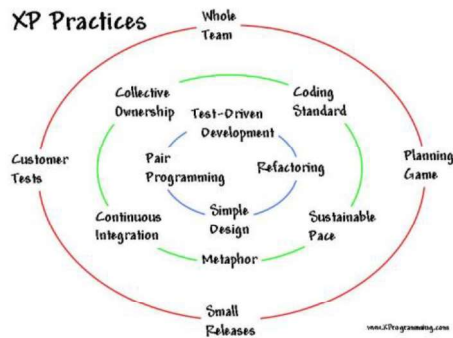


Ilustración 10. Modelo de *Extreme Programming* [51].

Es una de las más destacadas de los procesos ágiles de desarrollo de software, ya que pone más énfasis en la adaptabilidad, que en la previsibilidad. Los cambios de requisito sobre la marcha del proyecto, son un aspecto natural e inevitable, incluso llegando a hacer importantes durante el desarrollo del software [51].

Las características fundamentales del método son:

- Desarrollo iterativo e incremental.
- Pruebas unitarias continuas.
- Programación por parejas.
- Frecuente interacción.
- Corrección.
- Refactorización.
- Propiedad del código compartida.
- Simplicidad en el código.

Una de las características más importantes en este modelo, es la comunicación con el cliente y la mejor forma de hacerlo es presencialmente. Cuando hay algo importante que decir, que mejor que hacerlo cara a cara. El ciclo de vida de XP se organiza como si fuese una conversación cliente-desarrollador.



2) ¿Puedo ayudarte? ¿Qué necesitas?	1) Tengo una necesidad.
4) Creo que lo entiendo. ¿Si construyo esto te sirve?	3) Lo que necesito es esto.
6) Ahora mismo me pongo a trabajar.	5) Pues sí. ¿Podrías hacerlo?
8) Estoy en ello.	7) ¿Has acabado?
10) ¿Es crucial? Tardaría mucho tiempo.	9) Necesitaría también esto.
12) Ya tengo esto. ¿Te sirve?	11) Entonces no lo pongas.
14) ¿Y esta nueva versión?	13) No del todo.
16) De nada. Si tienes problemas, avísame.	15) Sí, es justo lo que necesito. Gracias.

Ilustración 11. Comunicación Cliente-Desarrollador [51].

Ventajas

- Apropiado para entornos volátiles.
- Estar preparados para el cambio.
- Planificación más transparente para nuestros clientes, clientes más involucrados en cómo va el proyecto.
- Permitirá definir en cada iteración, cuáles son los objetivos de la siguiente.
- Permite tener realimentación de los usuarios muy útil.
- La presión está a lo largo del proyecto y no en las entregas finales.

Desventajas

- Delimitar el alcance del proyecto con nuestro cliente

2.1.2.2 SCRUM

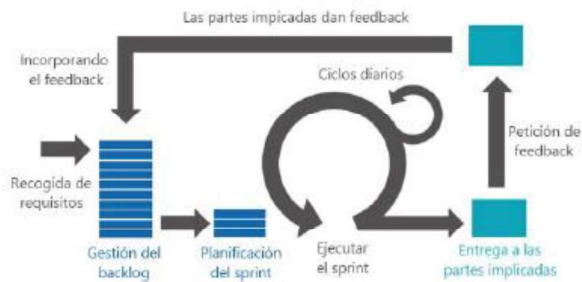


Ilustración 12. Proceso SCRUM [51].

Scrum es un proceso ágil y liviano que sirve para administrar y controlar el desarrollo del software. Los equipos que desarrollan estos productos parten de requisitos muy generales, así como novedosos, y deben salir al mercado en muy poco tiempo [51]. La forma de trabajo de estos equipos altamente productivos y multidisciplinarios se compara con la colaboración entre los jugadores de Rugby y su formación de Scrum, siendo de ahí donde se toma el nombre [53].

El desarrollo se realiza de forma iterativa e incremental, cada ciclo o iteración (denominado **Sprint**) termina con un entregable de software ejecutable y funcional. Scrum prioriza el trabajo en función del valor que tenga el negocio maximizando la utilidad de lo que se construye y el retorno de inversión [53].

Scrum está diseñado para adaptarse a los cambios en los requerimientos, de esta forma se puede adaptar en tiempo real el producto que se está construyendo a las necesidades del cliente [53].

Para entender el ciclo de desarrollo de Scrum es necesario conocer las 5 fases que definen el ciclo de desarrollo ágil [53]:

- **Concepto:** Las características del producto se define de forma general y se asignan al equipo encargado de su desarrollo.
- **Especulación:** Esta fase se repite en cada iteración.
 - Desarrollar y revisar los requisitos generales.
 - Mantener la lista de las funcionalidades que se esperan.
 - Plan de entrega

- **Exploración:** Se incrementa el producto en el que se añaden las funcionalidades en la fase anterior.
- **Revisión:** Se revisa todo lo hecho hasta el momento y se contrasta con el objetivo.
- **Cierre:** Se entrega en la fecha acordada una versión del producto deseado.



Ilustración 13. Ciclo de desarrollo ágil [53].

Scrum gestiona las iteraciones a través de reuniones diarias.

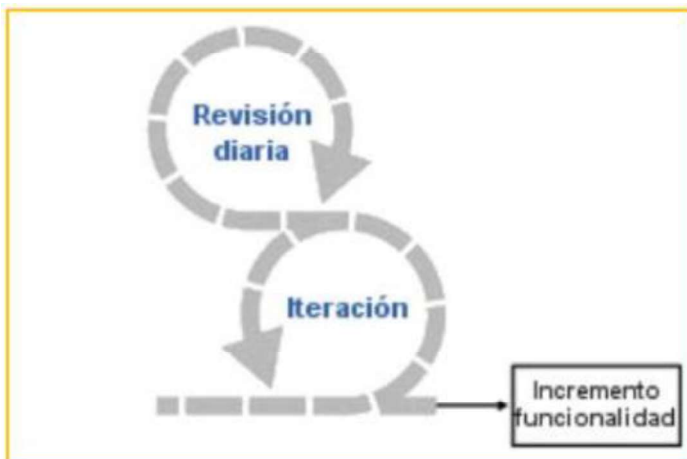


Ilustración 14. Ciclo principal de SCRUM [53].

A continuación, se describirán de forma general las fases y roles para entender todo el proceso de desarrollo de Scrum [53].

2.1.2.2.1 Las reuniones

1) **Planificación del *Backlog***

Se realizará un documento en el que se priorizarán los requerimientos del sistema. Se definirá la planificación del ***Sprint 0*** en el cual se define los objetivos y tareas a realizarse para esta iteración obteniendo un primer ***SprintBacklog*** con la lista de tareas y objetivos más importantes.

2) **Seguimiento del *Sprint***

Se realizarán reuniones diarias en las que se responderán 3 preguntas principales para evaluar el avance de las tareas:

- ¿Qué trabajo se realizó desde la reunión anterior?
- ¿Qué trabajo se hará hasta una nueva reunión?
- ¿Qué inconvenientes han surgido? y ¿cuál es la solución para poder continuar?

3) **Revisión del *Sprint***

Al finalizar el *Sprint* se realizará una revisión del incremento que se ha generado y a su vez se presentarán los resultados finales junto con una primera versión, esto ayudará a mejorar el ***feedback*** del cliente.

2.1.2.2.2 Los roles

1) ***Product Owner***

Representa a todos los interesados en el producto final, es aquel que conoce realmente el negocio del cliente y marca las prioridades del producto.

2) ***ScrumMaster***

Es el encargado de eliminar los inconvenientes que haga que el proceso no fluya e interactuará con el cliente y con los gestores.

3) ***Scrum Team***

Son los encargados de desarrollar el producto con calidad y tomar decisiones para conseguir sus objetivos.

Aunque no son parte del proceso de Scrum, son necesarios para la retroalimentación de cada proceso y planeación de cada *sprint*

4) **User**

Destinatario final del producto

5) **Stakeholders**

Las personas beneficiarias del proyecto. Participan durante las revisiones del *sprint*.

6) **Managers**

Toma las decisiones finales participando en la selección de los objetivos y requisitos.

2.1.2.2.3 Elementos de Scrum

1) **Product Backlog**

Lista de las necesidades del cliente, mantenido y priorizado por el *Product Owner*.

2) **Sprint Backlog**

Lista de tareas que se realizan en un *Sprint*.

3) **Incremento**

Parte añadida en un *Sprint*, tiene que estar terminada y totalmente operativa.

Ventajas

- Entregas parciales a corto plazo de resultados.
- Gestión regular de las necesidades del cliente y basada en resultados tangibles.
- Resultados anticipados.
- Flexibilidad y adaptación con respecto a cambios durante el proceso de desarrollo.
- Gestión sistemática del retorno de inversión (ROI).
- Productividad y calidad por parte del equipo.
- Interacción entre el cliente y el equipo de desarrollo.
- Motivación constante.

2.1.3 Diferencia entre metodología tradicional y ágil

En las metodologías tradicionales el principal problema es que hay que seguir procesos rigurosos, y muchas de las veces no se logra planificar bien el esfuerzo requerido para seguir la metodología. Tener metodologías diferentes, las cuales podamos aplicar de acuerdo con el proyecto que se desarrolle, resulta interesante. Estas pueden tener una mezcla entre ágil y tradicional, de esta manera se podría tener una metodología diferente para cada proyecto, la problemática sería definir cada una de las prácticas; y en el momento preciso, definir parámetros para saber cuál usar [50].

A continuación, se presentará un cuadro comparativo entre las metodologías ágiles y tradicionales, para poder decidir cuál es la más adecuada para el desarrollo del presente proyecto.

Metodologías ágiles	Metodologías Tradicionales
Basadas en heurísticas provenientes de prácticas de producción de código	Basadas en normas provenientes de desarrollo
Especialmente preparados para cambios durante el proyecto	Cierta resistencia a los cambios
Impuestas internamente (por el equipo)	Impuestas externamente
Proceso menos controlado, con pocos principios	Proceso mucho más controlado, con numerosas políticas/normas
No existe contrato tradicional o al menos es bastante flexible	Existe un contrato prefijado
El cliente es parte del equipo de desarrollo	El cliente interactúa con el equipo de desarrollo mediante reuniones
Grupos pequeños (<10 integrantes) y trabajando en el mismo sitio	Grupos grandes y posiblemente distribuidos
Pocos artefactos	Más artefactos
Pocos roles	Más roles
Menos énfasis en la arquitectura del software	La arquitectura del software es esencial y se expresa mediante modelos
Poca documentación	Documentación exhaustiva
Muchos ciclos de entrega	Pocos ciclos de entrega

Tabla 17. Comparación entre metodología Ágil y Tradicional [50]

Mediante las comparativas entre la metodología tradicional y la metodología ágil, se ha realizado un listado de las más importantes y se definirá los criterios de evaluación en función de los conocimientos que el equipo de desarrollo tenga de las metodologías a evaluar y su importancia. Estos criterios son:

- Grado de conocimiento
- Adaptable a cambios
- Posee documentación adecuada
- Facilita la integración entre las etapas de desarrollo con el cliente
- Evaluación continua del desarrollo

En función de la importancia y de los conocimientos que el equipo tenga, se establecen los pesos para cada criterio, por lo que el equipo propone los siguientes pesos para cada criterio.

- Grado de conocimiento → 10%
- Adaptable a cambios → 25%
- Posee documentación adecuada → 15%
- Facilita la integración entre las etapas de desarrollo con el cliente → 25%
- Evaluación continua del desarrollo → 25%

Metodología/Criterio	Grado de conocimiento	Adaptable a cambios	Posee documentación adecuada	Facilita la integración entre las etapas de desarrollo con el cliente	Evaluación continua del desarrollo	Total
	10%	25%	15%	25%	25%	100%
RUP	5	8	7	4	8	6,55
MSF	4	5	8	4	7	5,6
Cascada	7	5	7	4	4	5
XP	7	8	5	8	9	7,7
SCRUM	8	8	9	9	9	8,65

Tabla 18. Comparación metodología de desarrollo.

Según [54], Scrum se emplea en aquellos proyectos cuyos requerimientos no son del todo claros, con la cual se logra una retroalimentación oportuna con los interesados del proyecto.

Al hacer uso de Scrum, como marco de referencia para desarrollar un aplicativo de recomendación de rutinas de entrenamiento empleando Aprendizaje de Máquina, se espera obtener un producto de calidad en los tiempos planificados. Scrum es un subconjunto de la metodología de desarrollo ágil, el cual se enfoca más en la resolución de problemas que en la creación de documentación y que considera importantes los aportes del cliente, denominados inputs, durante todo el ciclo de desarrollo [54]. El cliente aporta información valiosa de manera continua, que ayuda a la resolución de problemas y al cumplimiento de los requerimientos en los tiempos estimados, en contraposición a las metodologías tradicionales las cuales recopilan los requerimientos únicamente al inicio del ciclo. La intervención y opiniones del cliente durante todo el desarrollo son de suma importancia ya que, para el presente proyecto, se necesitará de la ayuda de instructores especializados en acondicionamiento físico para el planteamiento de rutinas, las cuales no se espera que sean idénticas a las generadas por el aplicativo, pero que sean similares y

que puedan cumplir con el objetivo planteado, así como de los usuarios al gimnasio de la EPN para la recolección de los datos.

El resultado obtenido de este análisis dió como resultado la elección de la metodología SCRUM, la cual se adapta de mejor manera a las necesidades propias de nuestro proyecto.

2.2 Metodología de aprendizaje de máquina

Considerando a la inteligencia artificial como una ciencia, su objetivo puede ser clasificado en [43]:

- Sistemas que piensan como humanos.
- Sistemas que piensan de manera racional.
- Sistemas que actúan como humanos.
- Sistemas que actúan de manera racional.

Para nuestro caso de estudio, nos enfocaremos en el segundo criterio, pues según afirma Christian Andrade (preparador físico del gimnasio GETA GYM) la planeación de actividades deportivas que se llevan a cabo dentro de un gimnasio, responde a una planificación sustentada en características propias de los usuarios y de un conjunto de fórmulas asociadas a estas características como se menciona en la sección 1.1.

Aristóteles plantea un sistema irrefutable de pensar si se parte de premisas correctas, para así obtener conclusiones correctas [55].

Aunque a la hora de establecer un criterio absoluto para poder determinar los factores deportivos, nos encontramos una tarea de gran dificultad, pues muchas veces este criterio es relativo al experto profesional y a los criterios que éste considere, para la elaboración de la planificación deportiva. Para el caso de estudio, consideramos los criterios mencionados en el capítulo 1.2 y 1.3, debido a la fundamentación bibliográfica y al aporte del experto.

Ahora, considerando el escenario de desarrollo, podremos concluir que optamos por un modelo de aprendizaje supervisado, ya que contamos con un experto que evaluará constantemente los pronósticos generados por el aprendizaje. Entonces, el reto será concluir cuál es la técnica que emplearemos para llevar a cabo un aprendizaje que garantice la mayor cobertura, en cuanto a lograr recomendar rutinas beneficiosas a los diferentes grupos de características que se puede presentar entre la diversidad de estudiantes usuarios del gimnasio de la Escuela Politécnica Nacional. La selección se la

realizó bajo los criterios de velocidad de entrenamiento, manejo de datos, adaptabilidad, interpretación de datos, precisión en los resultados y su utilización en estudios similares, los cuales se detallan de mejor manera en la tabla 19.

Técnica \Criterio	Velocidad de entrenamiento	Manejo de Datos	Interpretación de datos	Precisión en los resultados	Utilización en estudios similares	Total	
	10%	20%	40%	15%	15%	100%	/10
Máquina de vector de Soporte	3	N/A	1	6,7	N/A	17,05	3,57
árboles de decisión	9	9	9	5,5	8,2	83,55	8,14
KNN	9	N/A	7	5,4	N/A	45,1	7,13
Redes Neuronales	3	7	6	6,8	8,2	63,5	6,20
Redes Bayesianas	9	N/A	8	8,4	N/A	53,6	8,47

Tabla 19. *Benchmarking* de técnicas de aprendizajes supervisado.

La tabla 19 fue actualizada debido a las necesidades de desarrollo detalladas en el Sprint 7.

Técnica \Criterio	Manejo de Datos	Adaptabilidad	Interpretación de datos	Precisión en los resultados	Utilización en estudios similares	Total	
	20%	30%	20%	15%	15%	100%	/10
Maquina de vector de Soporte	N/A	N/A	1	6,7	N/A	12,05	1,21
árboles de decisión	9	N/A	9	5,5	8,2	56,55	5,66
KNN	N/A	N/A	7	5,4	N/A	30,2	3,02
Redes Neuronales	7	9	6	6,8	8,2	75,5	7,55
Redes Bayesianas	N/A	8	8	8,4	N/A	52,6	5,26

Tabla 20. *Benchmarking* de técnicas de aprendizaje supervisado actualizado

2.3 Conjunto de herramientas a emplear en el desarrollo.

El proyecto será desarrollado para poder visualizarse en un aplicativo móvil con tecnología web, según la siguiente arquitectura:

El cliente ingresará por medio de la aplicación a un *webView* desarrollado en *Ionic*, el cual estará embebido dentro del aplicativo móvil Android.

El aplicativo se desplegará únicamente en dispositivos Android, debido a que éste sistema operativo es el más utilizado en Ecuador.

Apple solo domina los mercados anglosajones, Japón, y algunos países nórdicos europeos. El resto es territorio Android [56].

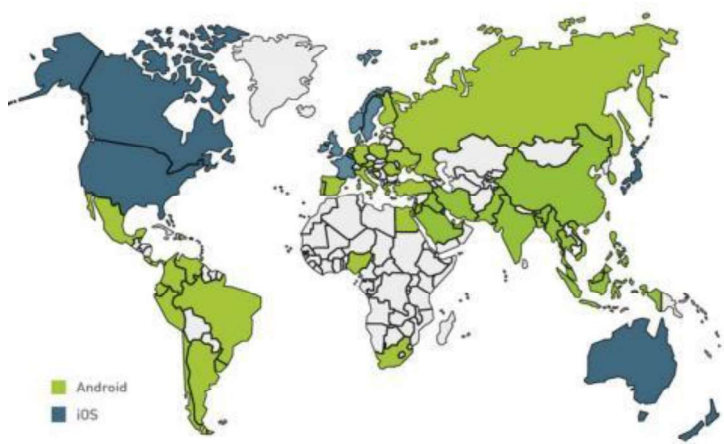


Ilustración 15. Estadística de uso de Android y IOS en el mundo [56]

Los *webViews* se comunicarán con dos servidores, el primer servidor de peticiones desarrollado en Java y el segundo servidor en *RapidMiner Server* para el aprendizaje, y una base de datos en *MySQL*.

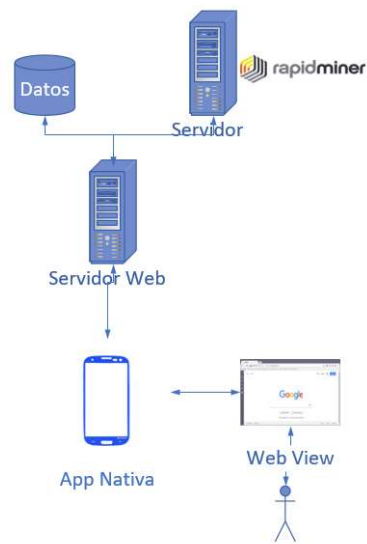


Ilustración 16. Primer modelo de la arquitectura del proyecto.

Comentado [SMMA20]: En algún lado hay que explicar por qué se usa Android únicamente. Debe ser un tema de acceso a dispositivos más económicos para los estudiantes??

Comentado [SMMA21]: Muy pequeña la imagen, no se distinguen las palabras

2.3.1 Ionic Framework

Ionic, es un kit de herramientas de código abierto, para crear aplicaciones móviles y de escritorio de alta calidad y rendimiento, utilizando tecnologías web tales como *HTML*, *CSS* y *JavaScript* [57].

Ionic se centra en la visualización de las vistas y la experiencia del usuario con la interacción de la interfaz (controles, interacciones, gestos, animaciones). Se integra muy bien con otras bibliotecas o *frameworks*, como Angular [57].

Ionic permite crear y desplegar aplicaciones que funcionan en múltiples plataformas, como iOS nativo, Android, páginas web, todo mediante una sola base de código. Usando tecnologías web estandarizadas como *HTML*, *CSS* y *JavaScript*, utilizando *API web* modernas como elementos personalizados y sombra *DOM* [57].

Ionic Framework es un proyecto gratuito y de código abierto, publicado bajo la licencia MIT. Lo que significa que puede ser utilizado en proyectos personales o comerciales de forma gratuita. MIT es la misma licencia utilizada por proyectos tan populares como *jQuery* y *Ruby on Rails* [57].

2.3.1.1 JavaScript

Uno de los objetivos principales de *Ionic 4*, era eliminar cualquier requisito duro en un solo *framework* para alojar los componentes. Lo que significa que los componentes principales pueden funcionar de forma independiente con solo una etiqueta de script en una página web [57].

2.3.1.2 Soporte de navegación

El primer objetivo de *Ionic* era facilitar el desarrollo de aplicaciones móviles utilizando tecnologías web como *HTML*, *CSS* y *JavaScript*. Debido a esta base en tecnologías web, *Ionic* puede ejecutarse en cualquier lugar donde se ejecute la web: *iOS*, *Android*, navegadores, *Electron*, PWA y más [57].

Platform	Supported Versions
Android	4.4+
iOS	10+

Comentado [SMMA22]: Están en un capítulo de selección de herramientas. No veo una tabla de selección. Por qué no se comparó por ejemplo contra iOS para luego seleccionar una arquitectura Android??

Browser	Supported
Chrome	✓
Safari	✓
Edge	✓
Firefox	✓
IE	11+

2.3.2 MySQL

El software MySQL ofrece un servidor de base de datos SQL (*Structured Query Language*) muy rápido, multiproceso, multiusuario y robusto. *MySQL Server* está destinado a sistemas de producción de carga pesada y de misión crítica, así como para la incorporación en software de implementación masiva [58] [59].

MySQL tienen doble licencia. Los usuarios pueden elegir usar el software como un producto de código abierto, según los términos de la Licencia Pública General de GNU o pueden comprar una licencia comercial estándar de *Oracle* [58] [59].

2.3.2.1 Características principales de MySQL

Al igual que sus similares, *MySQL* contiene características esenciales y básicas de un sistema gestor de base de datos relacionales como son transacciones, procedimientos almacenados, funciones, *triggers* o disparadores, integridad referencial, etc. [60]. A continuación, se describe algunas de las características más importantes [60]:

- Escrito en C y C++.
- Probado con una amplia gama de compiladores diferentes.
- Utiliza el diseño de servidores multicapa con módulos independientes.
- Diseñado para ser completamente multihilo usando hilos del *kernel*, para usar fácilmente múltiples CPU si están disponibles.
- Proporciona motores de almacenamiento transaccionales y no transaccionales.
- Diseñado para que sea relativamente fácil agregar otros motores de almacenamiento. Esto es útil, si desea proporcionar una interfaz SQL para una base de datos interna.
- Utiliza un sistema de asignación de memoria basado en subprocesos muy rápidos.
- Ejecuta uniones muy rápidas utilizando una unión de bucle anidado optimizada.
- Implementa funciones SQL utilizando una biblioteca de clases altamente optimizada que debería ser lo más rápida posible. Por lo general, no hay ninguna asignación de memoria después de la inicialización de la consulta.

- Proporciona el servidor como un programa separado para su uso en un entorno de red cliente / servidor, y como una biblioteca que se puede incrustar (vincular) en aplicaciones independientes. Dichas aplicaciones se pueden utilizar de forma aislada o en entornos donde no hay red disponible.

2.3.3 NetBeans IDE

NetBeans IDE es el IDE oficial para Java 8. Con sus editores, analizadores de código y convertidores, se puede actualizar las aplicaciones de manera rápida y sin problemas para usar nuevas construcciones de Java 8, como lambdas, operaciones funcionales y referencias de métodos [61].

NetBeans IDE ofrece soporte superior para los desarrolladores de C / C ++ y PHP, proporcionando editores y herramientas integrales para sus *frameworks* y tecnologías relacionadas. Además, el IDE tiene editores y herramientas para XML, HTML, PHP, Groovy, Javadoc, JavaScript y JSP [61].

NetBeans IDE se puede instalar en todos los sistemas operativos compatibles con Java, desde Windows a Linux hasta sistemas Mac OS X. *Write Once, Run Anywhere*, es tan cierto para *NetBeans IDE* como para sus propias aplicaciones [61].

2.3.3.1 Java

Los dos productos principales en la plataforma Java SE son: *Java Development Kit (JDK)* y *Java SE Runtime Environment (JRE)* [62].

El JDK es un superconjunto del JRE, y contiene todo lo que está en el JRE, además de herramientas como los compiladores y depuradores necesarios para desarrollar applets y aplicaciones. El *Java Runtime Environment (JRE)* proporciona las bibliotecas, la máquina virtual de Java y otros componentes para ejecutar applets y aplicaciones escritas en el lenguaje de programación Java [62].

El siguiente diagrama conceptual ilustra todas las tecnologías de componentes en la plataforma Java SE y cómo encajan entre sí.

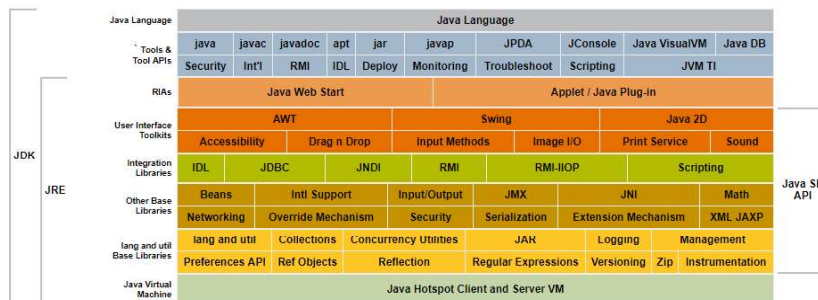


Ilustración 17. Diagrama conceptual Java SE [62]

2.3.4 RapidMiner Studio

RapidMiner es una herramienta de Minería de datos ampliamente usada y probada a nivel internacional en aplicaciones empresariales, de gobierno y academia. Implementa más de 500 técnicas de preprocesamiento de datos, modelación predictiva y descriptiva, métodos de prueba de modelos, visualización de datos, etc. [63].

A continuación, se presentarán las funciones características de *RapidMiner Studio* [64]:

- **Aplicación e interfaz:** *RapidMiner Studio* es un diseñador de flujo de trabajo de ciencia de datos visuales que acelera la creación de prototipos y la validación de modelos.
- **Acceso y gestión de datos:** Con *RapidMiner Studio*, puede acceder, cargar y analizar cualquier tipo de datos, tanto los datos estructurados tradicionales como los datos no estructurados, como textos, imágenes y medios. También puede extraer información de estos tipos de datos y transformar los datos no estructurados en estructurados.
- **Exploración de datos:** Inmediatamente comprende y crea un plan para preparar los datos, extraer estadísticas e información clave de forma automática.
- **Preparación de datos:** *RapidMiner Studio* puede manejar cualquier desafío de transformación de datos en la vida real, por lo que puede formatear y crear el conjunto de datos óptimo para el análisis predictivo. *RapidMiner Studio* puede combinar datos estructurados con datos no estructurados y luego aprovechar todos los datos para el análisis predictivo. Cualquier proceso de preparación de datos se puede guardar para su reutilización.
- **Modelado:** *RapidMiner Studio* está equipado con un conjunto de capacidades de modelado y algoritmos de aprendizaje automático sin paralelo para el aprendizaje

supervisado y no supervisado. Son flexibles, robustos y le permiten centrarse en la construcción de los mejores modelos posibles para cualquier caso de uso.

- **Validación:** *RapidMiner Studio* proporciona los medios para estimar de forma precisa y adecuada el rendimiento del modelo.
- **Automatización y Control de Procesos:** A diferencia de muchas otras herramientas de análisis predictivo, *RapidMiner Studio* cubre incluso los casos de uso de ciencia de datos más complicados, sin la necesidad de programar. *RapidMiner Studio* tiene un conjunto de operaciones de control de procesos similares a las utilidades que le permiten crear procesos que se comportan como un programa para repetir y repasar tareas, derivar flujos y llamar a recursos del sistema. *RapidMiner Studio* también admite una variedad de lenguajes de scripting.

2.3.5 RapidMiner Server

El argumento para usar *RapidMiner Server* se reduce a tres puntos: colaboración, despliegue y potencia de cálculo [65].

- Colaboración: *RapidMiner Server* facilita compartir bibliotecas de procesos y modelos en toda la organización.
- Despliegue: Una vez construido un modelo o un proceso repetible *RapidMiner Server* ayuda a:
 - Automatizar los trabajos por lotes, programándolos cada día, cada hora, cada minuto o cuando sea necesario.
 - Genera predicciones en tiempo real u otros servicios web a partir de cualquier proceso creado.
- Potencia de cálculo: Para ejecutar trabajos grandes, la arquitectura de *RapidMiner Server* se adapta a las necesidades de la organización.

2.3.6 Weka

Weka es una colección de algoritmos de aprendizaje automático para tareas de minería de datos. Contiene herramientas para la preparación de datos, clasificación, regresión, agrupación, extracción de reglas de asociación y visualización.

Weka es un software de código abierto emitido bajo la licencia pública general de GNU [66].

2.3.7 Android Studio

Android Studio es el entorno de desarrollo integrado (IDE) oficial para el desarrollo de aplicaciones para Android y se basa en [IntelliJ IDEA](#). *Android Studio* ofrece aún más funciones que aumentan la productividad durante la compilación de aplicaciones *Android*, como las siguientes [67]:

- Un sistema de compilación basado en *Gradle* flexible.
- Un emulador rápido con varias funciones.
- Un entorno unificado en el que se puede realizar desarrollos para todos los dispositivos *Android*.
- *Instant Run* para aplicar cambios mientras la aplicación se ejecuta, sin la necesidad de compilar un nuevo APK.
- Integración de plantillas de código y *GitHub* para ayudar a compilar funciones comunes de las aplicaciones e importar ejemplos de código.
- Gran cantidad de herramientas y *frameworks* de prueba.
- Herramientas para detectar problemas de rendimiento, usabilidad, compatibilidad de versión, etc.
- Compatibilidad con C++ y NDK
- Soporte incorporado para *Google Cloud Platform*, lo que facilita la integración de *Google Cloud Messaging* y *App Engine*.

Android presenta una arquitectura basada en 4 niveles [68]:

- **Un Kernel Linux:** que sirve como base de la pila de *software* y se encarga de las funciones más básicas del sistema:
 - Gestión de drivers
 - Seguridad
 - Comunicaciones
- **Una capa de bibliotecas de bajo nivel:** en C y C++, como *SQLite* para persistencia de datos, *WebKit* como navegador web embebido y motor de renderizado *HTML*.
- **Un framework para el desarrollo de aplicaciones:** dividido en subsistemas para gestión del sistema como:
 - Administrador de paquetes
 - Administrador de telefonía

- Acceso a APIs
- **Aplicaciones:** Las aplicaciones base incluyen un teléfono, cliente de email, programa de envío de SMS, calendario, mapas, navegador, contactos, que pueden a su vez ser usados por otras aplicaciones.

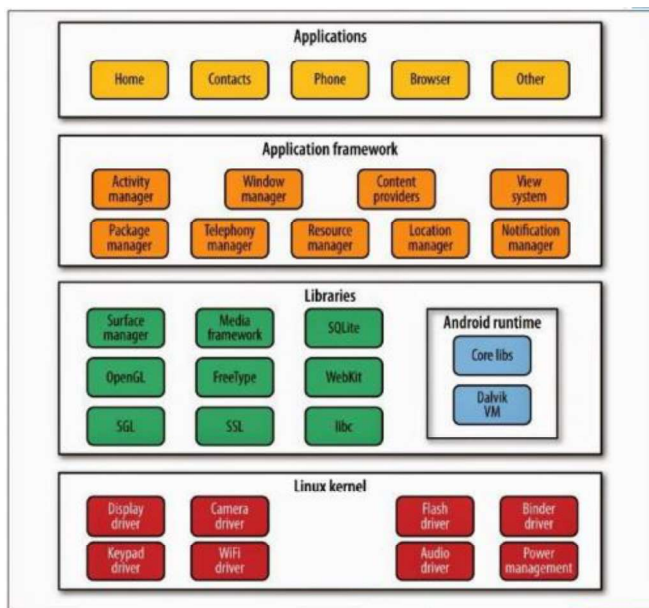


Ilustración 18. Arquitectura Android [68]

CAPITULO 3. DESARROLLO DEL APLICATIVO RECOMENDADOR DE RUTINAS PARA EL GIMNASIO DE LA EPN

3.1 Definición del proyecto

El objetivo general de este proyecto es desarrollar un aplicativo recomendador de rutinas para el gimnasio de la EPN, como apoyo para todos los usuarios al gimnasio, de tal manera que facilite la información en cuanto a su entrenamiento físico.

3.2 Evidencias de la aplicación de la metodología SCRUM

3.2.1 Historias de usuario

Para poder cumplir con los requerimientos se generó las Historias de Usuario:

Actividades	Actores
Registrar los datos antropométricos, hábitos y condición física	Asistente al gimnasio
Logearse en la aplicación	Asistente al gimnasio
Obtener su rutina de entrenamiento en base a los datos ingresados en el registro	Asistente al gimnasio
Visualizar los ejercicios a realizarse según la rutina generada	Asistente al gimnasio
Visualizar los datos ingresados en el registro inicial	Asistente al gimnasio
Actualizar los datos si se desea generar una nueva rutina	Asistente al gimnasio
Cerrar sesión	Asistente al gimnasio

Tabla 21 Listado de actores con sus actividades a realizar.

Historia de Usuario	
Número: 01	Usuario: Usuario al gimnasio
Nombre historia: Registro de datos	
Prioridad en negocio: Alta	Riesgo en desarrollo: Alta
Puntos estimados: 4	Iteración asignada: 1
Descripción: Yo como usuario, deseo registrarme en el aplicativo.	
Observaciones: Ninguna	

Historia de Usuario	
Número: 02	Usuario: Usuario al gimnasio
Nombre historia: Logearse	
Prioridad en negocio: Alta	Riesgo en desarrollo: Baja
Puntos estimados: 4	Iteración asignada: 2
Descripción: Yo como usuario, ingresaré mis credenciales para poder visualizar la información sobre mi rutina de ejercicios.	
Observaciones: De no estar registrado no podrá ingresar y tendrá que pasar por el registro de datos.	

Historia de Usuario	
Número: 03	Usuario: Usuario al gimnasio
Nombre historia: Obtención de rutina de entrenamiento	
Prioridad en negocio: Alta	Riesgo en desarrollo: Alta
Puntos estimados: 4	Iteración asignada: 3
Descripción: Yo como usuario, deseo ver la rutina generada por el aplicativo, en base a los datos que ingresé en el registro previo.	
Observaciones: Ninguna	

Historia de Usuario	
Número: 04	Usuario: Usuario al gimnasio
Nombre historia: Visualización de ejercicios	
Prioridad en negocio: Alta	Riesgo en desarrollo: Alta
Puntos estimados: 4	Iteración asignada: 3
Descripción: Yo como usuario, quiero ver un detalle por día de cada ejercicio, series y número de repeticiones a realizar. Así como una foto y gif de ejercicio para saber la correcta postura del mismo.	
Observaciones: Solicitar ayuda al instructor de no entender la correcta ejecución del ejercicio.	

Historia de Usuario	
Número: 05	Usuario: Usuario al gimnasio
Nombre historia: Consultar la información inicial	
Prioridad en negocio: Media	Riesgo en desarrollo: Media
Puntos estimados: 4	Iteración asignada: 4
Descripción: Yo como usuario, quiero ver toda la información que se ingresó en el registro inicial.	
Observaciones: Ninguna	

Historia de Usuario	
Número: 06	Usuario: Usuario al gimnasio
Nombre historia: Actualizar datos	
Prioridad en negocio: Alta	Riesgo en desarrollo: Alta
Puntos estimados: 4	Iteración asignada: 5
Descripción: Yo como usuario, quiero actualizar los datos antropométricos, hábitos o condición física si hubiese una variación de cualquiera de ellos durante los meses de entrenamiento. Esto para generar una nueva rutina de ejercicio.	
Observaciones:	

Historia de Usuario	
Número: 07	Usuario: Usuario al gimnasio
Nombre historia: Cerrar sesión	
Prioridad en negocio: Baja	Riesgo en desarrollo: Baja
Puntos estimados: 2	Iteración asignada: 1
Descripción: Yo como usuario deseo poder ingresar a mi cuenta desde otro dispositivo utilizando mis credenciales.	
Observaciones: Si el usuario se sale de la aplicación sin cerrar sesión, al ingresar de nuevo no necesitará logearse.	

3.2.2 Product Backlog

A continuación, se describirán las historias de usuario específicas por cada historia de usuario general, poniendo la funcionalidad de cada una, su prioridad y en la iteración (*sprint*) en que será ejecutada.

Historias de Usuario general	Historias de Usuario específicas	Actor	Funcionalidad	Prioridad	Sprint
HU-01	HU-E01	Asistente al gimnasio	Visualizar el formulario para creación de cuenta	3	1
	HU-E02	Asistente al gimnasio	Visualizar el formulario para el ingreso de datos antropométricos	5	1
	HU-E03	Asistente al gimnasio	Visualizar el formulario para el ingreso de hábitos	5	1
	HU-E04	Asistente al gimnasio	Visualizar el formulario para el ingreso de condición física	5	1
	HU-E05	Asistente al gimnasio	Crear cuenta de usuario	5	1
HU-02	HU-E06	Asistente al gimnasio	Visualizar formulario de <i>Login</i>	2	2
	HU-E07	Asistente al gimnasio	Comprobar existencia de usuario para logearse	2	2
HU-03	HU-E08	Asistente al gimnasio	Desplegar pantalla con la información de la rutina generada	5	3
HU-04	HU-E09	Asistente al gimnasio	Desplegar pantalla con la información del ejercicio (imagen, gif, series, repeticiones y descripción)	4	4
HU-05	HU-E10	Asistente al gimnasio	Desplegar pantalla con la información de los datos ingresados en el registro inicial	3	5
HU-06	HU-E11	Asistente al gimnasio	Visualizar el formulario para la actualización de datos antropométricos	3	6
	HU-E12	Asistente al gimnasio	Visualizar el formulario para la actualización de hábitos	3	6
	HU-E13	Asistente al gimnasio	Visualizar el formulario para la actualización de condición física	3	6
	HU-E14	Asistente al gimnasio	Desplegar pantalla con la información de la nueva rutina generada	3	6
HU-07	HU-E15	Asistente al gimnasio	Botón cerrar sesión	1	2

Tabla 22. Historias de usuario específicas

3.2.3 Release Planning

A continuación, se resume en un cuadro las historias de usuario específicas y las actividades a realizar, pertenecientes a cada sprint.

Sprint 0	Sprint 1	Sprint 2	Sprint 3	Sprint 4	Sprint 5	Sprint 6	Sprint 7	Sprint 8
Instalación	HU-E01	HU-E06	HU-E08	HU-E09	HU-E10	HU-E11	Solución tareas incompletas	Pruebas y resultados
Configuración	HU-E02	HU-E07				HU-E12		
Comunicación	HU-E03	HU-E15				HU-E13		
	HU-E04					HU-E14		
	HU-E05							

Tabla 23. Release Planning

Para el seguimiento del Sprint se realizarán reuniones cada día de trabajo, en las cuales se harán 3 preguntas principales, para evaluar el avance de las tareas [53]:

- ¿Qué trabajo se realizó desde la reunión anterior?
- ¿Qué trabajo se hará hasta una nueva reunión?
- Inconvenientes que han surgido y que hay que solucionar para poder continuar.

3.2.4 Ejecución de los Sprints

3.2.4.1 Sprint 0

Para iniciar con el desarrollo del proyecto se empezó definiendo las historias de usuario y las actividades a realizarse en cada una de ellas, así como los requerimientos e información necesaria para el proyecto.

Se procedió con la instalación de todas las herramientas a utilizarse en el proyecto, su configuración y la comunicación entre ellas.

Sprint	Tarea/Actividad	Detalle	Realizado	Observación
0	Instalación	Instalación de la base de datos MySQL	✓	
		Framework IONIC (Frontend)	✓	
		Java NetBeans (Backend-Servidor)	✓	
		RapidMiner Studio y RapidMinerServer (Servidor IA)	✗	Se tuvo problemas con la instalación de RapidMiner Server
	Configuración	Instalación de todos los paquetes necesarios para la posterior comunicación	✓	
	Comunicación	Creación de una base de datos inicial para la comunicación con el <i>backend</i>	✓	
		Creación de <i>webViews</i> iniciales para comunicación con el <i>backend</i>	✓	
		Creación del servicio en RapidMiner Server para la comunicación con el <i>frontend</i> y <i>backend</i>	✗	Se postergó hasta tener el <i>frontend</i> y <i>backend</i> terminados

Tabla 24. Tareas y Actividades Sprint 0

Se tuvo algunas demoras con respecto a la instalación de la herramienta de *Rapidminer Server*, a pesar de tener y usar de guía la documentación oficial, no se obtuvo los resultados esperados, por lo que se postergó la instalación para no retrasar más la ejecución de las demás actividades.

Esta decisión fue tomada, luego de haber obtenido un acuerdo con los miembros del equipo.

Se estimó el tiempo de finalización de cada actividad, como se detalla en la Tabla 25, habiendo un retraso en la actividad mencionada anteriormente.

Tareas	Estimado	Día 5	Día 4	Día 3	Día 2	Día 1	Total de horas
Instalación	3	0	2	0	0	3	5
Configuración	1	0	0	0	0	1	1
Comunicación	5	0	3	0	0	2	5

Horas restantes	9	9	4	4	4	-2
Horas estimadas	9	7.2	5.4	3.6	1.8	0

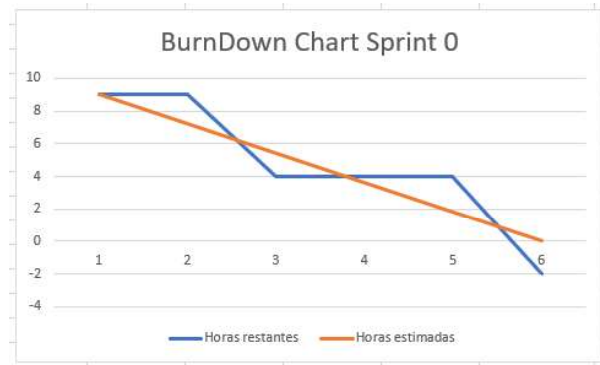


Tabla 25. Burndown Chart Sprint 0

Parámetro	Calificación	Cumplimiento	Observaciones
Comunicación con el cliente	10	✓	Las reuniones y ayuda por parte del cliente se realizaron con normalidad.
Tareas cumplidas	6	✗	No se logró cumplir con todas las tareas propuestas en el Sprint 0.
Trabajo en equipo	5	✗	Se tuvo problemas de comunicación y no se realizaron las reuniones del seguimiento del Sprint.

Tabla 26. Control de mejoramiento Sprint 0.

3.2.4.2 Sprint 1

El objetivo del sprint fue realizar todos los formularios que el usuario al gimnasio deberá llenar para la generación de su rutina de entrenamiento. Esto incluye un formulario para una cuenta de usuario y los formularios correspondientes a datos informativos para la generación de rutinas.

Los datos que se incluyeron en los formularios son de vital importancia ya que, en base a esos datos, la aplicación genera la rutina. Se contó con la colaboración y supervisión de Christian Andrade y Milton Guevara, instructores de los gimnasios "Getas GYM" y "EPN GYM", respectivamente (Ver anexo A y B).

Comentado [SMMA23]: Ya consiguieron ese nombre??

Sprint	Tarea/Actividad	Detalle	Realizado	Observación
1	HU-E01	Creación de base de datos inicial	✓	Se tuvo que reestructurar conforme avanzaba el proyecto
		WebView para el formulario de cuenta de usuario	✓	No se hizo validación de campos hasta finalizar funcionalidad
		Enviar petición al <i>backend</i> para almacenar información en la base de datos	✓	
	HU-E02	WebView para el formulario de datos antropométricos	✓	
	HU-E03	WebView para el formulario de hábitos	✓	
	HU-E04	WebView para el formulario de condición física	✓	
	HU-E05	Se crea un JSON con toda la información ingresada para ser enviada al <i>backend</i> y almacenada en la base de datos	✓	
Configuración de mensaje de error si el usuario creado ya existe		✓		

Tabla 27. Tareas y Actividades Sprint 1

No se tuvo mayor inconveniente en la ejecución del Sprint, se estimó aumentar las horas de trabajo para culminar con las tareas y así no retrasar el proyecto.

Tareas	Estimado	Día 5	Día 4	Día 3	Día 2	Día 1	Total de horas
HU-E01	12	4	4	0	4	0	12
HU-E02	4	0	2	0	2	0	4
HU-E03	4	0	2	0	2	0	4
HU-E04	4	0	2	0	2	0	4
HU-E05	12	2	5	0	5	0	12

Horas restantes	36	30	15	15	0	0
Horas estimadas	36	28.8	21.6	14.4	7.2	0

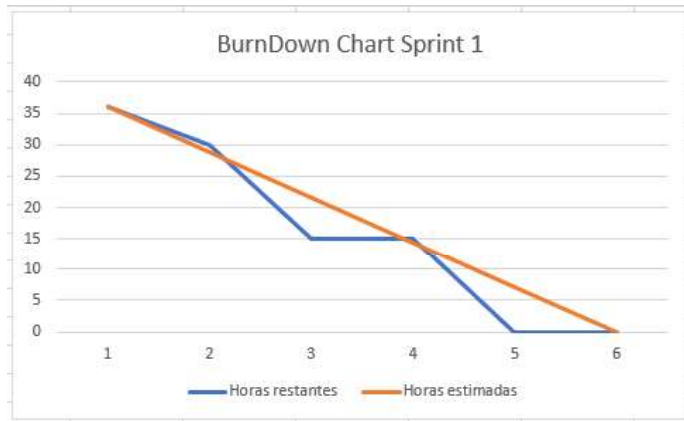


Tabla 28. Burndown Chart Sprint 1

Parámetro	Calificación	Cumplimiento	Observaciones
Comunicación con el cliente	10	✓	Se definieron los parámetros de entrada para la generación de rutinas.
Tareas cumplidas	9	✓	Se logró cumplir con todas las tareas sin mayores inconvenientes.
Trabajo en equipo	7	±	Se mejoró la comunicación definiendo más horas de trabajo.

Tabla 29. Control de mejoramiento Sprint 1.

3.2.4.2.1 Prototipo Sprint 1

Las pantallas que se crearon para este Sprint fueron:

- Logo de inicio

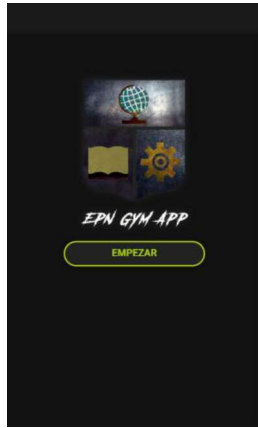


Ilustración 19. Logo de inicio.

- Formulario de registro de usuario

Ilustración 20. Formulario registro de usuario.

- Formularios de datos antropométricos, hábitos, intereses, resultados físicos

Comentado [SMMA24]: Mismo tamaño a cada imagen, se ve horrible así

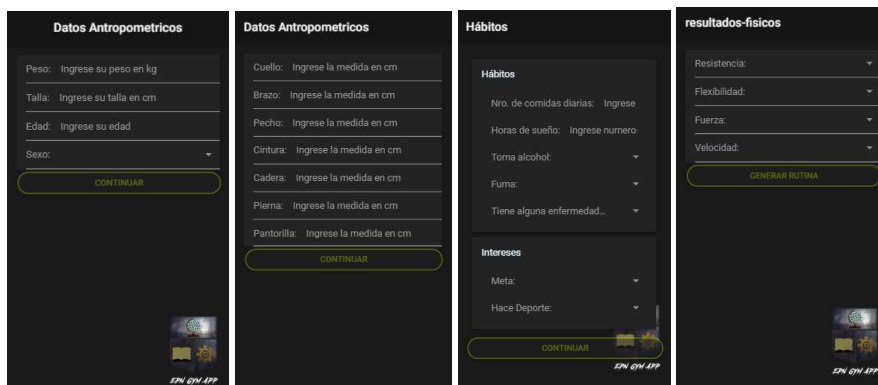


Ilustración 21. Formulario datos antropométricos, hábitos, intereses, resultados físicos.

3.2.4.3 Sprint 2

Se incorporó al proyecto la funcionalidad de tener cuentas de usuario, ya que en un inicio el ingreso de datos de cada formulario se lo debía que hacer siempre al iniciar la aplicación, lo cual ocasionó problemas, por lo que se decidió hacer una reestructuración de la base de datos para incluir en este sprint y así el usuario podría ingresar a su cuenta y visualizar su rutina de entrenamiento, sin tener que volver a ingresar los datos.

Sprint	Tarea/Actividad	Detalle	Realizado	Observación
2	HU-E06	WebView con el formulario de Login	✓	No se hizo validación de campos hasta finalizar funcionalidad
	HU-E07	Peticiones para la verificación de los datos ingresados en la base de datos	✓	
		Configuración de mensaje de error si el usuario no existe o las credenciales son incorrectas	✓	
	HU-E15	Implementación de la funcionalidad "Cerrar sesión"	✓	

Tabla 30. Tareas y Actividades Sprint 2

Este sprint surgió como un retraso en el proyecto; sin embargo, se pudo establecer tiempos de entrega que no se vean afectados mayormente al inicio de las siguientes tareas.

Tareas	Estimado	Día 5	Día 4	Día 3	Día 2	Día 1	Total de horas
HU-E06	4	0	0	0	4	0	4
HU-E07	12	4	4	0	4	0	12
HU-E15	4	4	0	0	0	0	4

Horas restantes	20	12	8	8	0	0
Horas estimadas	20	16	12	8	4	0

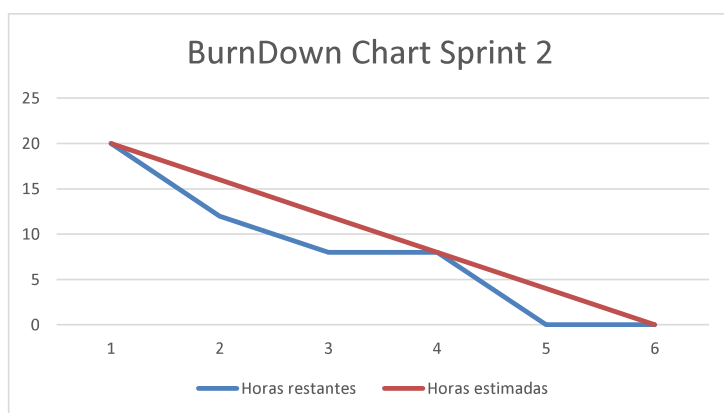


Tabla 31. *Burndown Chart Sprint 2*

Parámetro	Calificación	Cumplimiento	Observaciones
Comunicación con el cliente	10	✓	Se acordó tener cuenta de usuario en las reuniones.
Tareas cumplidas	9	✓	Al incorporar una nueva funcionalidad al proyecto, se tuvo que reestructurar el mismo. Sin embargo, se cumplieron las tareas con normalidad
Trabajo en equipo	9	✓	La comunicación entre el equipo mejoró al tener tareas específicas.

Tabla 32. Control de mejoramiento Sprint 2.

3.2.4.3.1 Prototipo Sprint 2

La pantalla que se incorporó para este Sprint es:

- Formulario de *Login*

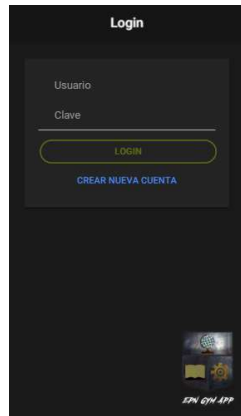


Ilustración 22. Formulario Login.

- Mensaje de error, si no hay comunicación

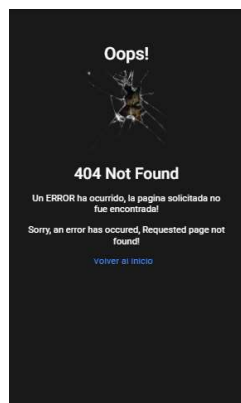


Ilustración 23. Mensaje de error.

Comentado [SMMA25]: No hay un error en caso de datos incorrectos??

3.2.4.4 Sprint 3

Para este sprint se recopiló información referente a la generación de rutinas; esto quiere decir, la clasificación del tipo de usuario según su condición física, tiempo de entrenamiento y ejercicios a realizar.

Para ello se trabajó en conjunto con Milton Guevara, instructor del gimnasio de la EPN, quien nos guió con los ejercicios que se deben realizar por cada método de entrenamiento seleccionado según lo establecido en la tabla 14. En base a la información recopilada se

procedió con la toma de fotografías y videos demostrativos de los ejercicios que se establecieron en las rutinas. Dichas fotografías y videos se realizaron con la ayuda de los diseñadores gráficos Esteban Villagómez y David Guerrero (Ver anexos C y D).

Para la recopilación del *DataSet* se procedió a hacer una reunión con el instructor de la EPN para solicitar registros de las características propias de los usuarios del gimnasio de la EPN. Al no contar con estos registros, se acordó manejar un formulario que debe contener las entradas especificadas para la generación de rutinas, el cual se utilizará para registrar a los usuarios del gimnasio de la EPN durante un periodo de dos semanas.

Para que el tiempo de espera no sea un impedimento en el proceso de desarrollo, se buscó un gimnasio que ya cuente con los registros previos, similares a los requeridos. Christian Andrade, instructor de GETAS GYM, proporcionó un *DataSet* con 100 registros.

Sprint	Tarea/Actividad	Detalle	Realizado	Observación
3	HU-E08	Recopilación de información para la generación de rutinas	✓	
		Fotografías y videos de los ejercicios que se pueden realizar en el gimnasio de la EPN	✓	
		Edición de las fotografías y videos	✓	
		Recopilación del <i>DataSet</i> con datos de usuarios asistentes a gimnasios	✓	Se recopiló datos de usuarios en dos gimnasios
		Selección del modelo para el aprendizaje en RapidMiner Studio	✗	Se postergó hasta tener un <i>DataSet</i> más poblado
		<i>WebView</i> para desplegar la información de la rutina generada	✓	
		Poblar la base de datos	✓	
		Petición al <i>backend</i> para mostrar en pantalla la rutina generada	✓	Se usó datos quemados, ya que, se postergó el aprendizaje
		Petición a <i>RapidMiner Server</i> desde <i>WebView</i> para procesar datos y mandar código de rutina	✗	Se postergó hasta tener la instalación de <i>RapidMinerServer</i>
		Petición a <i>Backend</i> desde <i>RapidMiner Server</i> para generar la rutina	✗	Se postergó hasta tener la instalación de <i>RapidMinerServer</i>

Tabla 33. Tareas y Actividades Sprint 3

El sprint 3 fue uno de los más conflictivos al momento de realizar las actividades, ya que ciertas tareas dependían de otras para el correcto funcionamiento de la aplicación. Tal es el caso del aprendizaje para la generación de la rutina de entrenamiento. Por lo cual, el equipo se vio obligado a retrasar las tareas que no se podían realizar y buscar una pronta solución.

La solución para las tareas que no se pudieron realizar fue buscar una alternativa temporal, como fue el caso de quemar los datos al momento de generar las rutinas. Y así poder visualizar como se vería la pantalla con la rutina generada temporalmente.

Tareas	Detalle	Estimado	Día 5	Día 4	Día 3	Día 2	Día 1	Total de horas
HU-E08	Recopilación de datos para la generación de rutinas	16	4	4	0	4	4	16
	Fotografías y videos de los ejercicios que se pueden realizar en el gimnasio de la EPN	3	0	3	0	0	0	3
	Edición de las fotografías y videos	6	0	0	2	4	0	6
	Recopilación del <i>DataSet</i> con datos de usuarios asistentes a gimnasios	40	8	8	8	8	8	40
	Selección del modelo para el aprendizaje en <i>RapidMiner Studio</i>	5	0	0	0	2	0	2
	<i>WebView</i> para desplegar la información de la rutina generada	8	0	4	0	4	0	8
	Poblar la base de datos	8	0	0	4	0	4	8
	Petición al <i>backend</i> para mostrar en pantalla la rutina generada	12	4	4	0	4	0	12
	Petición a <i>RapidMiner Server</i> desde <i>WebView</i> para procesar datos y mandar código de rutina	8	0	0	0	0	0	0
	Petición a <i>Backend</i> desde <i>RapidMiner Server</i> para generar la rutina	8	0	0	0	0	0	0

Horas restantes	114	98	75	64	35	19
Horas estimadas	114	91.2	68.4	45.6	22.8	0



Tabla 34. *Burndown Chart Sprint 3*

Comentado [SMMA26]: No se entienden esas letras pequeñas

Parámetro	Calificación	Cumplimiento	Observaciones
Comunicación con el cliente	10	✓	Las reuniones se realizaron con normalidad.
Tareas cumplidas	5	✗	Las tareas no fueron cumplidas al 100%, ellas ya que se postergo una de por incumplimiento en el Sprint 0.
Trabajo en equipo	7	±	El equipo tuvo problemas para solucionar ciertos problemas presentados.

Tabla 35. Control de mejoramiento Sprint 3.

3.2.4.4.1 Prototipo Sprint 3

Pantalla de visualización de la rutina generada

- Datos sobre la rutina generada

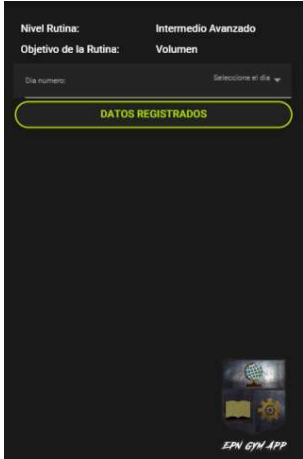


Ilustración 24. Datos de rutina generada.

- Selección del día de entrenamiento

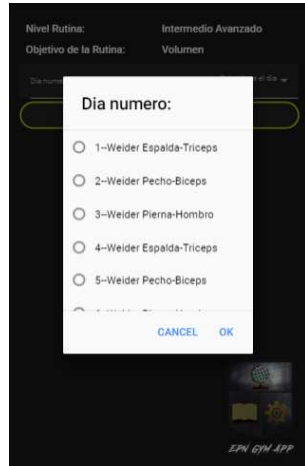


Ilustración 25. Selección de día de entrenamiento.

- Listado de ejercicios a realizar en el día seleccionado



Ilustración 26. Listado de ejercicios.

3.2.4.4.2 Proceso de aprendizaje con RapidMiner

Para el aprendizaje se utilizó el *DataSet* inicial proporcionado por Christian Andrade, instructor de GETAS GYM (Ver anexo E).

#	t	pe	IC	ICM-	Sexo	E	C	Br	P	Ci	Cader	Pi	Pan	#C	Hora	T	F	Enferme	Meta	Hac	Deporte	Test	Test	Test	Test	Rutin
	a	so	M	COND		d	u	az	ec	nt	a	er	tor	omi	s	o	u	dades		e	que	de	de	de	a	
	l	(%	ICION		a	ello	os	ho	ura	(Mujer	n	rilla	das	de	m	a	cardiacas		de	practica	Velocidad	flexibilidad	Fuerza	Resistencia	
	a)				d				a	es)	a	illa		sueño	a			de	porte						
1	168	63	19	BAJO	MASCULINO	27	37	34	98	85		52	37,5	3	6	N	N	NO	HIPE RTR OFIA	NO	NINGUNO	MEDIA	MEDIA	BAJA	MEDIA	PRINCIPIANTE B
2	175	58	18,95	BAJO	MASCULINO	19	36	33	90	80		50	32	4	6	N	N	NO	HIPE RTR OFIA	SI	CROSFIT	ALTA	ALTA	MEDIA	ALTA	AVANZADO B
3	166	56	21,48	NORMAL	MASCULINO	21	37	35	92	80		55	33	6	6	N	N	NO	HIPE RTR OFIA	SI	FUTBOL RECREATIVO	ALTA	MEDIA	MEDIA	ALTA	INTERMEDIO B
4	165	53	19,48	BAJO	MASCULINO	19	36	32,5	89	76		53	31	3	5	N	N	NO	HIPE RTR OFIA	SI	ARTE MARCIAL	ALTA	ALTA	MEDIA	ALTA	INTERMEDIO B
5	169	70	24,22	NORMAL	MASCULINO	20	40	35	98	90		56	40	4	6	N	N	NO	DEFINICION	NO	NINGUNO	ALTA	BAJA	MEDIA	MEDIA	INTERMEDIO A
6	166	54	21,17	NORMAL	MASCULINO	20	34	32,5	91	74		50	33	4	5	N	N	NO	HIPE RTR OFIA	SI	FUTBOL RECREATIVO	ALTA	ALTA	BAJA	ALTA	PRINCIPIANTE B
7	172	55	18,64	BAJO	MASCULINO	15	39	30,5	87	79		51	34	3	6	N	N	NO	HIPE RTR OFIA	SI	FUTBOL RECREATIVO	ALTA	ALTA	BAJA	BAJA	PRINCIPIANTE B
8	173	70	23,41	NORMAL	MASCULINO	21	39	33	105	88		52	36	5	6	SI	SI	NO	HIPE RTR OFIA	SI	FUTBOL RECREATIVO	ALTA	MEDIA	MEDIA	MEDIA	INTERMEDIO I
9	176	59	19,09	BAJO	MASCULINO	27	36	31	98	80		45	32,5	3	4	SI	SI	NO	HIPE RTR OFIA	NO	NINGUNO	ALTA	BAJA	MEDIA	MEDIA	
10	175	59	19,28	BAJO	MASCULINO	21	36	31	94	83		52	34	3	6	N	N	NO	HIPE RTR OFIA	NO	NINGUNO	ALTA	BAJA	MEDIA	BAJA	

Tabla 36. Primeros 20 registros del DataSet inicial

Proceso de selección de la metodología de aprendizaje para la generación de rutinas

1. Importación de los datos

Information
 Name: DataSetDatos
 Number of rows: 174
 Number of columns: 29

Attributes / Columns
 #, Talla, Peso (KG), PGC, PGCSTATUS, ICM, CONDICION, Sexo, Edad, Cuello, Brazos, Pecho, Cintura, Cadera (Mujeres), Pierna, Pantorrilla, #Comidas, Horas de sueño, Toma, Fuma, Enfermedades cardiacas, Meta, Hace deporte, Deporte que practica, Test de Velocidad, Test de flexibilidad, Test de Fuerza, Test de Resistencia, Nivel Rutina

Ilustración 27. Importación de datos

2. Selección de la columna con el dato a predecir

La columna a predecir es: Nivel Rutina

Enfermedade... Category	Meta Category	Hace deporte Category	Deporte que ... Category	Test de Velo... Category	Test de flexi... Category	Test de Fuerza Category	Test de Resis... Category	Nivel Rutina Category
NO	VOLUMEN	SI	VOLEY	BAJO	BAJO	ALTO	BAJO	PRINCIPIANTE...
NO	DEFINIR	SI	ECUAVOLEY	BAJO	BAJO	MEDIO	BAJO	PRINCIPIANTE...
NO	VOLUMEN	NO	?	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	PRINCIPIANTE...
NO	VOLUMEN	SI	FUTBOL	ALTO	MEDIO	MEDIO	BAJO	INTERMEDIO ...
NO	VOLUMEN	SI	FUTBOL	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BAJO	INTERMEDIO ...
NO	VOLUMEN	NO	?	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	PRINCIPIANTE...
NO	DEFINIR	NO	?	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	PRINCIPIANTE...
NO	DEFINIR	SI	BAJQUET	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	INTERMEDIO ...

Ilustración 28. Selección de columna a predecir.

3. Preparación y clasificación de los datos

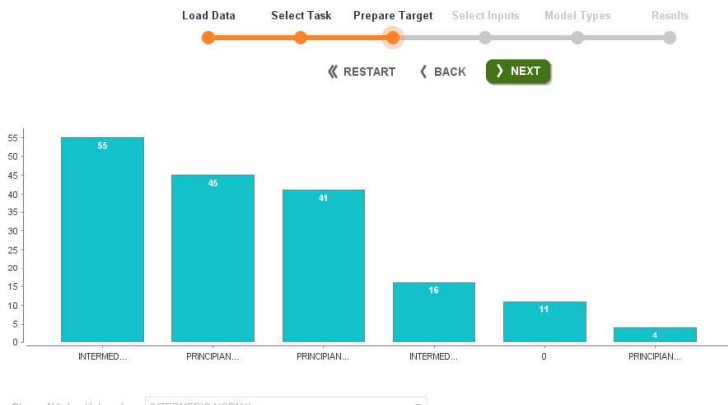


Ilustración 29. Clasificación de los datos

4. Selección de entradas validas

Eliminación de datos innecesarios según la herramienta

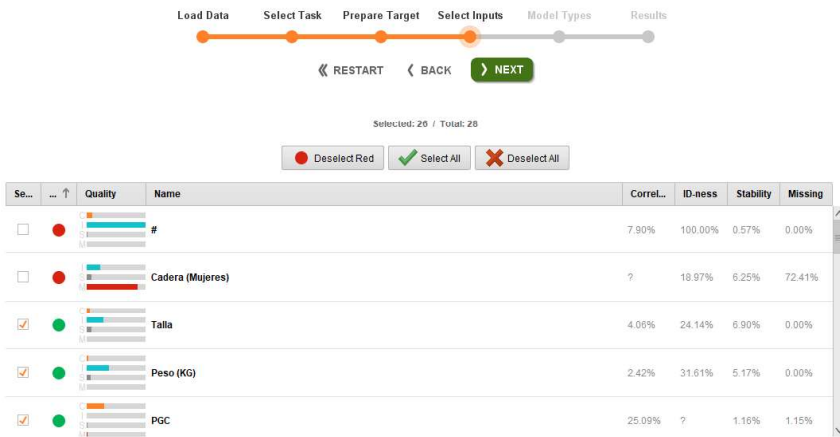


Ilustración 30. Selección de entradas validas

5. Generación de todos los modelos

The interface shows a progress bar with steps: Load Data, Select Task, Prepare Target, Select Inputs, Model Types, and Results. Below the progress bar are buttons for RESTART, BACK, and RUN.

General

- Correlations between Columns
- Importance of Columns

Models

- Naive Bayes
- Generalized Linear Model (GLM)
 - Use Regularization
 - Calculate p-Values
- Deep Learning
- Decision Tree
 - Automatically Optimize
 - Maximal Depth: 20
- Random Forest
 - Automatically Optimize
 - Number of Trees: 20
 - Maximal Depth: 20

Ilustración 31. Generación de todos los modelos de aprendizaje

6. Exactitud y tiempo de aprendizaje de cada modelo con todos los datos

The Results page shows an Overview section with two bar charts: Accuracy and Runtime (ms). The Accuracy chart shows values for Naive Bayes (76%), Generalized Lin... (65%), Deep Learning (71%), Decision Tree (68%), Random Forest (69%), and Gradient Boost... (68%). The Runtime chart shows values for Naive Bayes (53 ms), Generalized Lin... (183 ms), Deep Learning (458 ms), Decision Tree (252 ms), Random Forest (44,538 ms), and Gradient Boost... (44,538 ms).

Results

- Comparison
 - Overview
- Naive Bayes
 - Model
 - Simulator
 - Performance
 - Predictions
- Generalized Linear Model
- Deep Learning
- Decision Tree

Model	Accuracy	Runtime
Naive Bayes	76.5%	53 ms
Generalized Linear Model	64.7%	183 ms
Deep Learning	70.6%	458 ms
Decision Tree	67.6%	252 ms

Ilustración 32. Tabla generada con la exactitud y tiempo de aprendizaje de cada modelo.

7. Sectorización en base a características comunes obteniendo un nuevo *DataSet* (*DataSet* modificado 1). Los grupos característicos identificados fueron:
 - a. Condición
 - b. Hace deporte
 - c. Deporte que practica
 - d. Meta
 - e. PGC Estatus
 - f. Tests

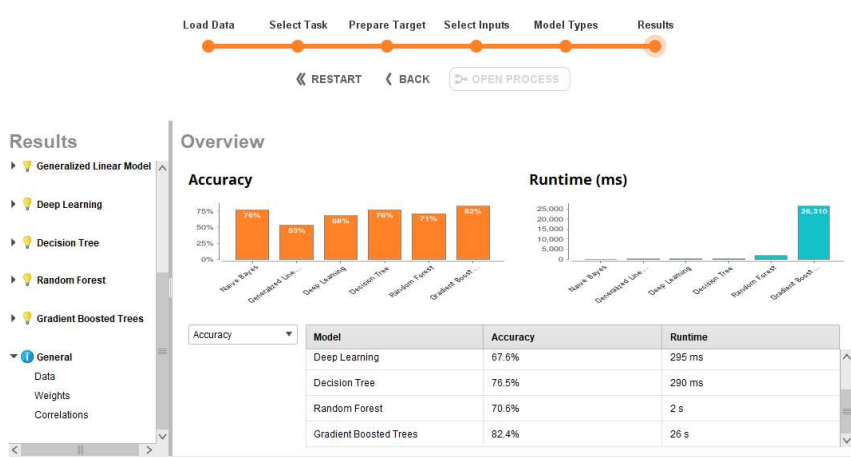


Ilustración 33. Tabla generada con la exactitud y tiempo de aprendizaje de cada modelo con *DataSet* modificado 1.

8. Se hace una modificación al *DataSet* agregando datos estadísticos los cuales son:
 - a. Estado físico según IMC y PGC
 - b. Estado físico según *Tests*

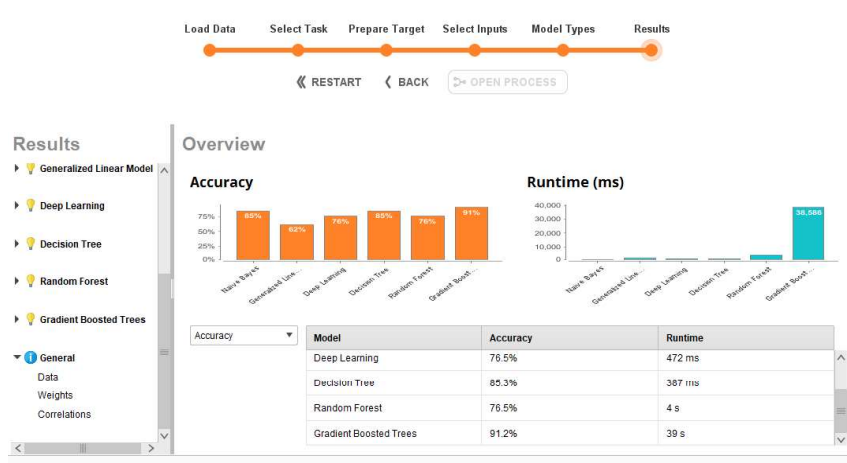


Ilustración 34. Tabla generada con la exactitud y tiempo de aprendizaje de cada modelo con *DataSet modificado 2*.

- Se suprime datos numéricos de medición, los cuales son: Brazos, Pecho, Piernas, Pantorrilla, Cintura, Cadera, PGC e IMC.

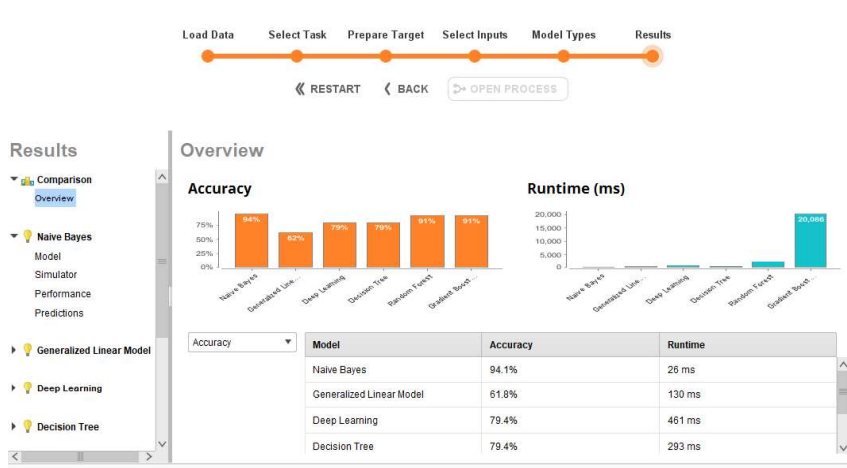


Ilustración 35. Tabla generada con la exactitud y tiempo de aprendizaje de cada modelo con *DataSet modificado 3*.

10. Se suprime datos de medición de: Brazos, Pecho, Piernas, Pantorrilla, Cintura, Cadera, PGC, IMC y valores de ALTO, MEDIO, BAJO (Contador de cada test).

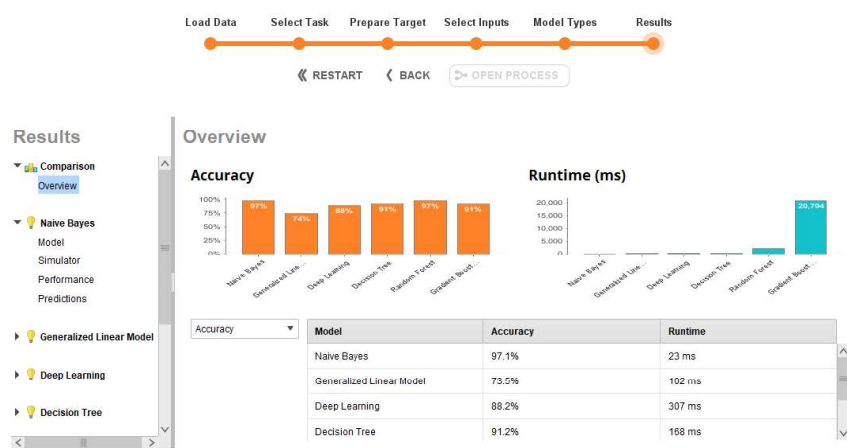


Ilustración 36. Tabla generada con la exactitud y tiempo de aprendizaje de cada modelo con *DataSet* modificado 4.

En conclusión, se obtuvo que el mejor modelo aplicable para este escenario es *Naive Bayes*, pues se logró obtener una precisión de 97.1% y a una velocidad de aprendizaje de 23 ms.

3.2.4.5 Sprint 4

En este sprint lo que se logró fue crear una visualización detallada de los ejercicios a realizar en cada rutina. Lo que quiere decir que, por cada ejercicio se presentaba una imagen de éste, así como un video demostrativo, descripción del ejercicio y las series y repeticiones que tenían que realizar de cada ejercicio.

Se tenía almacenado en la base de datos un conjunto de ejercicios que se podían realizar dentro del gimnasio de la EPN.

En vista de que hay infinidad de ejercicios que se podrían realizar, con la supervisión del instructor del gimnasio, se pudo identificar los más comunes y los más importantes para lograr los objetivos específicos de los usuarios.

Sprint	Tarea/Actividad	Detalle	Realizado	Observación
4	HU-E09	WebView para desplegar la información del ejercicio a realizar	✓	
		Petición al <i>backend</i> para mostrar en pantalla la información del ejercicio seleccionado	✓	

Tabla 37. Tareas y Actividades Sprint 4

En este sprint no se tuvo inconvenientes, por lo que se logró avanzar en el desarrollo del proyecto.

Tareas	Estimado	Día 5	Día 4	Día 3	Día 2	Día 1	Total de horas
HU-E09	8	4	0	0	4	0	8

Horas restantes	8	4	4	4	0	0
Horas estimadas	8	6.4	4.8	3.2	1.6	0

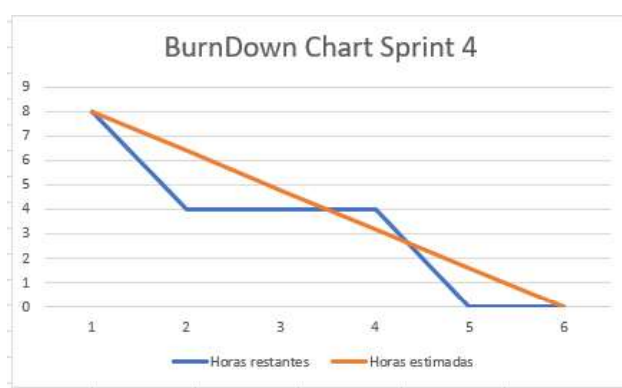


Tabla 38. Burndown Chart Sprint 4

Parámetro	Calificación	Cumplimiento	Observaciones
Comunicación con el cliente	10	✓	
Tareas cumplidas	10	✓	Se cumplieron con cada una de las tareas y en el tiempo estimado.
Trabajo en equipo	10	✓	Hubo mejor comunicación entre los miembros del equipo.

Tabla 39. Control de mejoramiento Sprint 4

3.2.4.5.1 Prototipo Sprint 4

Vista del detalle del ejercicio seleccionado

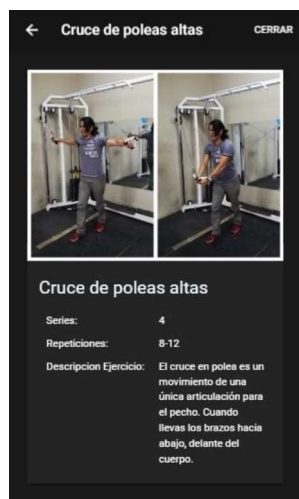


Ilustración 37. Detalle ejercicio seleccionado.

3.2.4.6 Sprint 5

Una de las funcionalidades que se implementó, después de agregar una cuenta de usuario, fue el poder visualizar los datos ingresados al inicio del registro. Estos datos pueden ser de vital importancia, si el usuario quiere ver cuál fue su progreso o cambio al finalizar su ciclo de entrenamiento.

Sprint	Tarea/Actividad	Detalle	Realizado	Observación
5	HU-E10	WebView para desplegar la información de los datos ingresados en el registro inicial	✓	
		Peticion al <i>backend</i> para mostrar en pantalla la información de los datos ingresados en el registro inicial	✓	

Tabla 40. Tareas y Actividades Sprint 5

El sprint se lo realizó, de tal forma, que se pudo avanzar con mayor rapidez a la siguiente actividad.

Tareas	Estimado	Día 5	Día 4	Día 3	Día 2	Día 1	Total de horas
HU-E06	8	0	4	0	4	0	8

Horas restantes	8	8	4	4	0	0
Horas estimadas	8	6.4	4.8	3.2	1.6	0

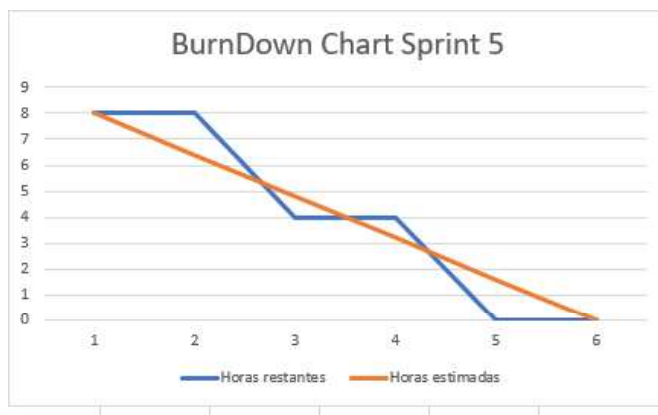


Tabla 41. *Burndown Chart Sprint 5*

Parámetro	Calificación	Cumplimiento	Observaciones
Comunicación con el cliente	10	✓	
Tareas cumplidas	10	✓	Las tareas se lo realizaron con mayor rapidez.
Trabajo en equipo	10	✓	Hubo mejor comunicación entre los miembros del equipo.

Tabla 42. Control de mejoramiento *Sprint 5*.

3.2.4.6.1 Prototipo Sprint 5

Visualización de datos ingresados en el registro de inicio



Ilustración 38. Datos ingresados en el registro de inicio.

3.2.4.7 Sprint 6

En este sprint lo que se logró fue hacer que el usuario tenga la posibilidad de modificar los datos que ingresó en el registro inicial. Esto con el objetivo de generar una nueva rutina acorde a los nuevos datos ingresados.

Sprint	Tarea/Actividad	Detalle	Realizado	Observación
6	HU-E11	Petición para llenar la pantalla de datos antropométricos con los valores ingresados en el registro inicial	✓	
	HU-E12	Petición para llenar la pantalla de hábitos con los valores ingresados en el registro inicial	✓	
	HU-E13	Petición para llenar la pantalla de condición física con los valores ingresados en el registro inicial	✓	
	HU-E14	Petición para generar la nueva rutina en base a la actualización de datos	✗	Ya que aún no se tiene el servidor para el aprendizaje, la nueva rutina se genera con datos quemados

Tabla 43. Tareas y Actividades Sprint 6

Al no tener la implementación del servidor que contenga el aprendizaje de máquina para generar la nueva rutina, en base a los nuevos datos ingresados, el sprint no fue completado en su totalidad y el proyecto se retrasó nuevamente.

Tareas	Estimado	Día 5	Día 4	Día 3	Día 2	Día 1	Total de horas
HU-E11	6	0	2	0	4	0	6
HU-E12	6	0	2	0	4	0	6
HU-E13	4	0	0	0	4	0	4
HU-E14	12	0	0	0	0	0	0

Horas restantes	28	28	24	24	12	12
Horas estimadas	28	22.4	16.8	11.2	5.6	0

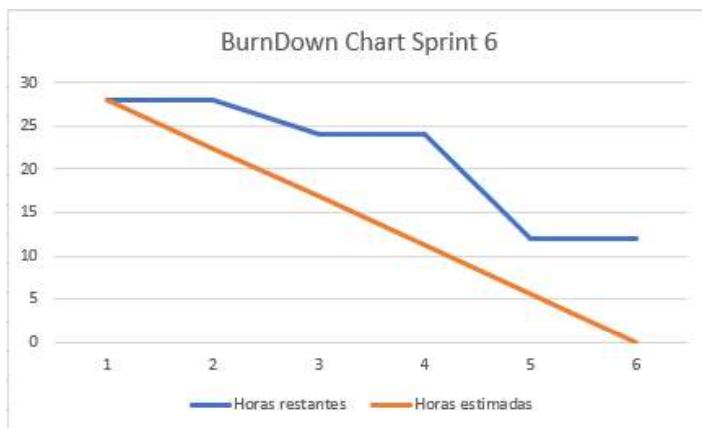


Tabla 44. *BurnDown Chart Sprint 6*

Parámetro	Calificación	Cumplimiento	Observaciones
Comunicación con el cliente	10	✓	
Tareas cumplidas	7	±	Nuevamente hubo un retraso en una de las tareas que se espera corregir pronto
Trabajo en equipo	7	±	A pesar de haber avanzado en las tareas, se tuvo problemas para dar solución a las tareas faltantes.

Tabla 45. *Control de mejoramiento Sprint 6*

3.2.4.7.1 Prototipo Sprint 6

Botón para actualizar los datos registrados y pantallas con datos completos, para solo llenar datos cambiantes.

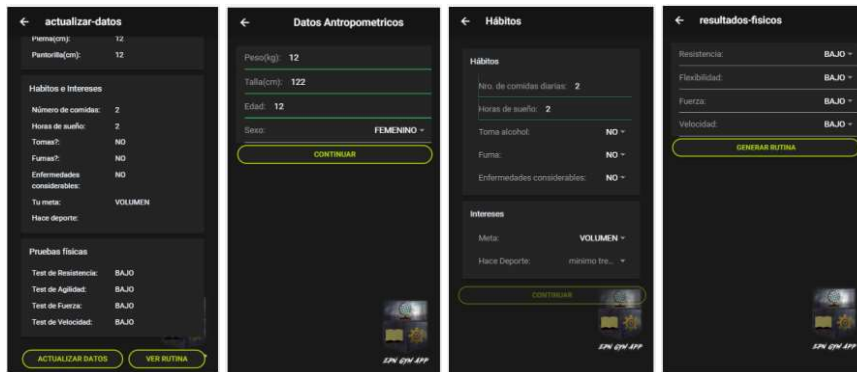


Ilustración 39. Pantallas para actualizar datos cambiantes.

3.2.4.8 Sprint 7

En este sprint se soluciona la actividad retrasada correspondiente a la implementación del aprendizaje de máquina para la generación de rutinas, esta actividad tuvo una mayor prioridad en este sprint ya que fue un impedimento para el desarrollo de las demás actividades planificadas.

Esta actividad se resolvió haciendo un nuevo análisis para la selección de la técnica y su herramienta de desarrollo. Los criterios de evaluación y puntajes obtenidos se detallan en las siguientes tablas, respectivamente:

Técnica \Criterio	Manejo de Datos	Adaptabilidad	Interpretación de datos	Precisión en los resultados	Utilización en estudios similares	Total	
	20%	30%	20%	15%	15%	100%	/10
Maquina de vector de Soporte	N/A	N/A	1	6,7	N/A	12,05	1,21
árboles de decisión	9	N/A	9	5,5	8,2	56,55	5,66
KNN	N/A	N/A	7	5,4	N/A	30,2	3,02
Redes Neuronales	7	9	6	6,8	8,2	75,5	7,55
Redes Bayesianas	N/A	8	8	8,4	N/A	52,6	5,26

Tabla 46. Benchmarking de técnicas de aprendizaje supervisado actualizado

Herramienta	Amigable para el aprendizaje	Integración con la arquitectura establecida	Conocimientos previos del equipo de desarrollo	Costos	Total
Criterio	10%	40%	30%	20%	100% /10
RapidMiner	9	2	0	6	29 2.9
Weka	6	10	6	9	82 8.2

Tabla 47. Benchmarking de herramientas de desarrollo para el aprendizaje supervisado

Para la ejecución de los sprint se ejecutaron las siguientes actividades:

Sprint	Tarea/Actividad	Detalle	Realizado	Observación
7	Solución actividades retrasadas	Implementación del aprendizaje en WEKA	✓	Se sustituyó la implementación en <i>RapidMiner</i> por WEKA
		Comunicación entre el servidor de peticiones y WEKA	✓	
		Optimización Red Neuronal WEKA	✓	
		Maximización y tratamiento de datos	✓	

Tabla 48. Tareas y Actividades Sprint 7

Se maximizó la Data debido a que no se lograba identificar los grupos representativos para nuestra población y establecer nuevas categorías en el nivel de rutina, esto debido a una sugerencia del instructor del gimnasio. Así como discretización de datos para obtener un aprendizaje óptimo.

Para maximizar la Data se realizó una encuesta en línea, además de la recolección de los registros solicitados en el *sprint* 3, logrando un *DataSet* de 174 registros (Ver anexo F).

Para utilizar la herramienta WEKA fue necesario un tratamiento previo de los datos que consistió en:

1. Borrar datos con valores nulos.
2. Borrar columna que hacía referencia al ID del usuario.
3. Estandarización de todas las entradas del *DataSet*.
4. Sustitución de caracter coma (,) en valores decimales por caracter punto (.).

Para el aprendizaje se utilizó el siguiente CSV (*Comma separated values*) ver anexo G, y para el testeo se utilizó el siguiente CSV ver anexo H, aplicando la regla de Pareto del 80-20, respectivamente [69].

Las tareas fueron realizadas sin ninguna demora, la comunicación entre WEKA y el servidor de peticiones, así como el tratamiento y maximización de datos fueron las tareas que más tiempo tomaron en realizarse.

Tareas	Estimado	Día 5	Día 4	Día 3	Día 2	Día 1	Total de horas
Solución tareas	8	0	4	0	4	0	8
	12	4	4	0	4	0	12
	4	2	0	0	2	0	4
	12	2	2	2	2	4	12

Horas restantes	36	28	18	16	4	0
Horas estimadas	36	28.8	21.6	14.4	7.2	0



Tabla 49. BurnDown Chart Sprint 7

Parámetro	Calificación	Cumplimiento	Observaciones
Comunicación con el cliente	10	✓	
Tareas cumplidas	10	✓	Al encontrar la solución, se avanzó sin problemas.
Trabajo en equipo	10	✓	Se implementó mayores horas para avanzar y concluir con el proyecto

Tabla 50. Control de mejoramiento Sprint 7

3.2.4.8.1 Prototipo Sprint 7

Generación de rutinas por medio de aprendizaje.

- Ingreso de datos reales

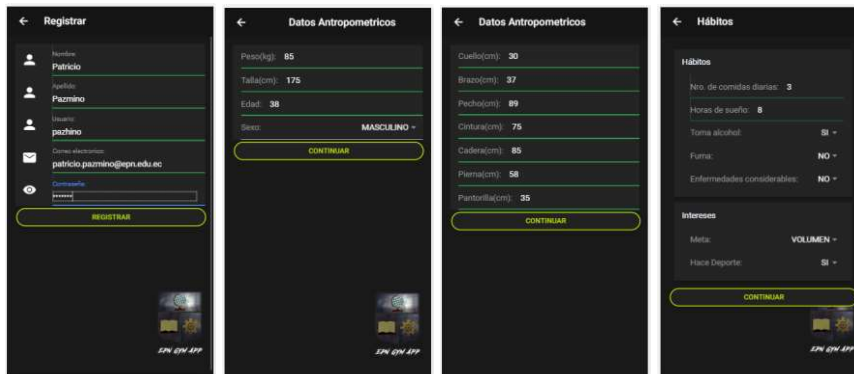


Ilustración 40. Ingreso de datos de un usuario real

- Generación de rutina por medio de aprendizaje de máquina

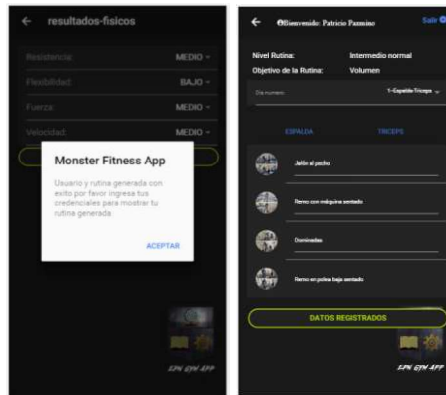


Ilustración 41. Generación de la rutina del usuario de prueba.

3.2.4.9 Sprint 8

En este sprint ya se contaba con una versión que cumplía con la estimación planteada inicialmente.

Las tareas planeadas para este sprint fueron:

- Hacer un matriz de cumplimiento de funcionalidad.

- Probar el aplicativo con potenciales usuarios que harán uso del mismo, asistentes al gimnasio de la EPN.
- Encuesta de satisfacción de usuario (Ver anexo I).
- Evaluar las rutinas generadas comparando con el criterio del instructor del gimnasio de la EPN.

Se procedió a realizar un recorrido de toda la aplicación según las Historias de Usuario, siendo el resultado, el cumplimiento total de las funcionalidades, como se constata en la siguiente "*matriz de cumplimiento de funcionalidad*".

Pantalla	Escenario	Resultado esperado	Cumplido	Observaciones
Login	Usuario y clave correctos	Ingreso a la rutina generada	✓	
	Usuario y/o claves incorrectos	Mensaje de error "Credenciales incorrectas"	✓	
	Crear nueva cuenta	Ingreso a la pantalla de registro de nuevo usuario	✓	
Registro nuevo usuario	Datos de usuario correctos	Ingreso a pantalla de datos antropométricos	✓	
	Nombre de usuario repetido	Mensaje de error "Nombre de usuario ya se encuentra en uso"	✓	
	Validación de los campos	Advertencia si alguno de los campos está mal escrito	✓	
Registro datos antropométricos	Validación de los campos	Advertencia si alguno de los campos está mal escrito	✓	
	Datos correctos	Ingreso a siguiente pantalla	✓	
	Algún campo vacío	Botón "Continuar" bloqueado	✓	
Registro hábitos e intereses	Validación de los campos	Advertencia si alguno de los campos está mal escrito	✓	
	Datos correctos	Ingreso a siguiente pantalla	✓	
	Algún campo vacío	Botón "Continuar" bloqueado	✓	
Registro resultados físicos	Algún campo vacío	Botón "Generar rutina" bloqueado	✓	
	Elegir nivel	Descripción de cómo realizar cada test	✗	Poner una descripción e imagen de cómo se debe realizar cada test
	Campos llenos	Mensaje "Usuario y rutina generada con éxito"	✓	
Rutina generada	Logearse con usuario creado	Visualizar Nivel de rutina generada y su objetivo	✓	Ingresar una descripción del nivel de rutina generada y semana
	Salir para ingresar con otro usuario	Regresar a pantalla de Login	✓	
	Visualizar los días a trabajar	Lista desplegable de todos los días y músculos a trabajar	✓	
	Escoger un día a trabajar	Mostrar los músculos a trabajar por día seleccionado	✓	
	Escoger músculo a trabajar	Mostrar lista de ejercicios a trabajar por músculo seleccionado	✓	
	Escoger ejercicio a trabajar	Mostrar pantalla con imagen y video demostrativo del musculo a trabajar	✗	Falta video demostrativa
	Botón "Actualizar datos"	Mostrar pantallas de registro con opción a cambiar cualquier dato	✓	

Tabla 51. Matriz de cumplimiento de funcionalidad

El martes 09 de julio del 2019 se procede a realizar las pruebas en el gimnasio de la Escuela Politécnica Nacional, con la supervisión del Instructor.

Dentro del cual se registraron a 8 personas, siendo el resultado:

Nombres	Facultad	Resultado
Julio Quiñonez	ESFOT	Intermedio Normal
Trosky Pucha	Graduado	Principiante Peso Normal
Erick Guerrero	Geología	Intermedio Normal
Michael Moya	Trabajador EPN	Intermedio Normal
Luis Cantos	Electrónica	Intermedio Normal
Miguel Pogo	Civil	Principiante Sobrepeso
Ronaldo Almachi	Electrónica	Principiante Sobrepeso
Diego Tafur	Mecánica	Intermedio Normal

Tabla 52. Resultados obtenidos por la aplicación

Los resultados generados por la aplicación se compararon con el criterio del instructor del gimnasio de la EPN, sin conocer previamente el resultado que el aplicativo generó, obteniendo la siguiente tabla:

Resultado del aplicativo	Resultado del instructor	Coincidencia
Intermedio Normal	Intermedio Normal	SI
Principiante Peso Normal	Intermedio Avanzado	NO
Intermedio Normal	Intermedio Normal	SI
Intermedio Normal	Intermedio Normal	SI
Intermedio Normal	Intermedio Normal	SI
Principiante Sobrepeso	Principiante Sobrepeso	SI
Principiante Sobrepeso	Principiante Sobrepeso	SI
Intermedio Normal	Intermedio Normal	SI

Tabla 53. Comparativa de resultados entre el aplicativo y el criterio del instructor de la EPN

La obtención de los resultados se lo realizó sin ningún inconveniente, gracias a la disposición del instructor del gimnasio de la EPN para ofrecer su colaboración y supervisión durante este proceso.

Comentado [SMMA27]: Si es que hicieron pruebas quiere decir que eso fue parte de un sprint. En cada sprint se hacen pruebas. Si se trata de un conjunto de pruebas finales, expliquen bien eso

Tareas	Estimado	Día 5	Día 4	Día 3	Día 2	Día 1	Total de horas
Pruebas y resultados	8	0	4	0	4	0	8

Horas restantes	8	8	4	4	0	0
Horas estimadas	8	6.4	4.8	3.2	1.6	0

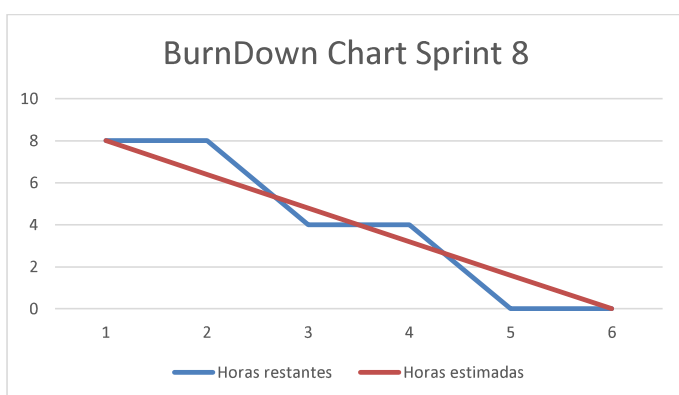
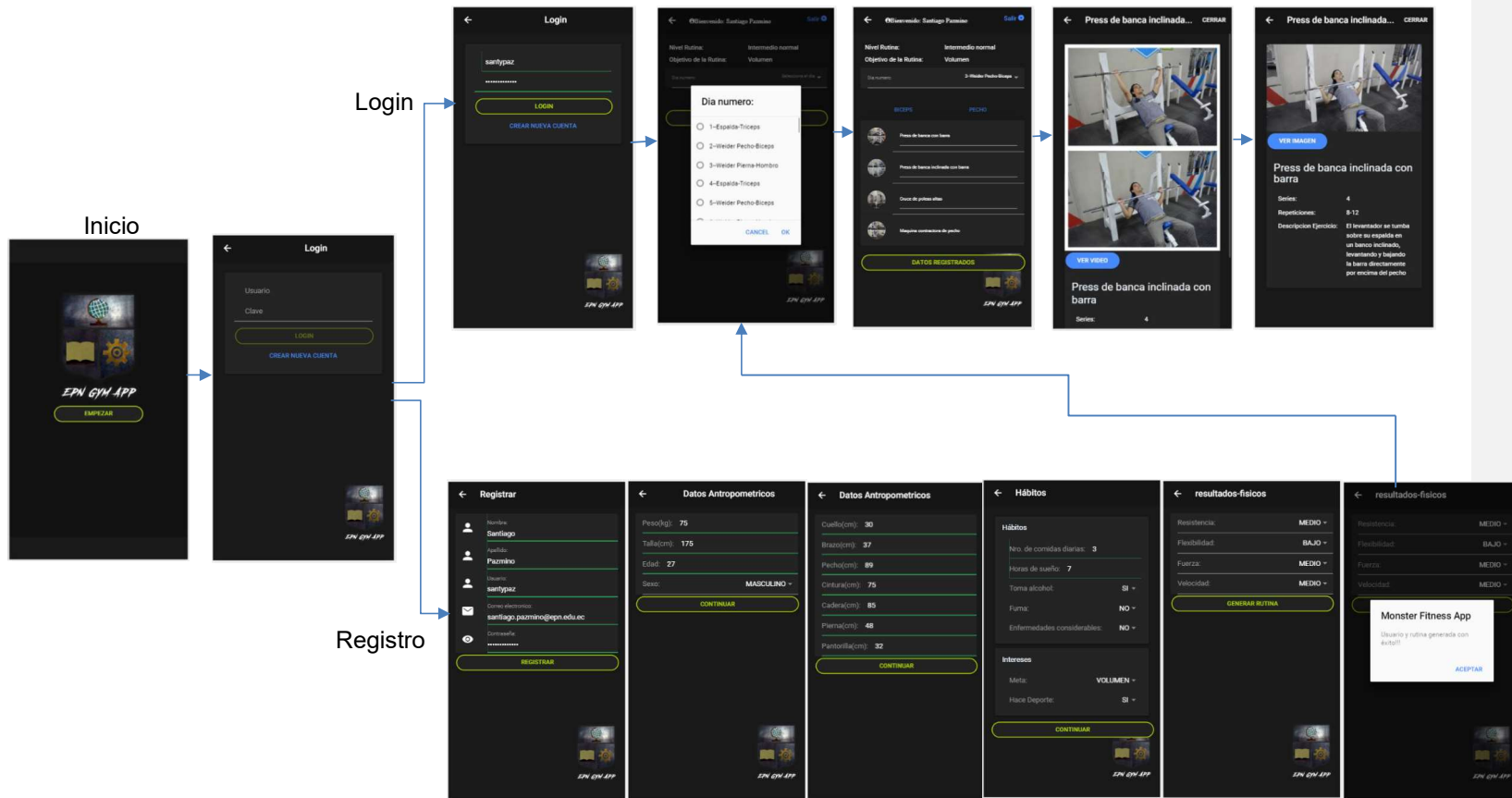


Tabla 54. *BurnDown Chart Sprint 8*

Parámetro	Calificación	Cumplimiento	Observaciones
Comunicación con el cliente	10	✓	El instructor estuvo abierto a prestar sus conocimientos para la evaluación del aplicativo.
Tareas cumplidas	10	✓	Las actividades se siguieron de una manera sistemática cumpliendo con tiempos establecidos.
Trabajo en equipo	10	✓	El equipo no tuvo ningún inconveniente en todas las tareas ejecutadas, finalizando así el proceso de pruebas.

Tabla 55. *Control de mejoramiento Sprint 8*

3.3 Entregables de la aplicación



CAPITULO 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Aprendizaje de máquina

El aprendizaje que se obtuvo con *RapidMiner* fue del 97% con Naive Bayes, como se observa en la ilustración 36. Sin embargo, la integración de *RapidMiner* con el servidor de peticiones que se estableció en la arquitectura inicial (Ilustración 16) no fue exitosa. Por lo que se reemplazó la herramienta a *WEKA* y la técnica de aprendizaje a red neuronal, como se detalla en el *Sprint 7*.

Para esta técnica se consideró como entradas:

- Talla
- Peso
- PGC
- PGC estatus
- ICM
- ICM condición
- Sexo
- Edad
- Medida en cm del cuello.
- Medida en cm de la zona más ancha de los bíceps (brazos).
- Medida en cm de la cintura.
- Medida en cm de la cadera.
- Medida en cm de la zona más ancha de los cuádriceps (piernas).
- Medida en cm de la zona más ancha de las pantorrillas.
- Número de comidas diarias
- Horas en las que duerme a diario
- ¿Si el deportista consume alcohol?
- ¿Si el deportista fuma?
- ¿Si el deportista tiene alguna enfermedad considerada como impedimento de realizar esfuerzo físico excesivo?
- ¿Cuál es la meta deseada por el deportista?
- ¿Si el deportista realiza alguna actividad física extra?
- El resultado de un test de velocidad evaluado por el instructor.
- El resultado de un test de flexibilidad evaluado por el instructor.
- El resultado de un test de resistencia evaluado por el instructor.

- El resultado de un test de fuerza evaluado por el instructor.

Las clases a clasificar consideradas fueron:

- PRINCIPIANTE-NORMAL
- PRINCIPIANTE-SOBREPESO
- PRINCIPIANTE-BAJOPESO
- INTERMEDIO-NORMAL
- INTERMEDIO-AVANZADO

El aprendizaje que se obtuvo con el *Dataset* final, aplicando el 80% destinado al entrenamiento y el 20% al testeo, fue de:

```

resultado:
Correctly Classified Instances      26           81.25 %
Incorrectly Classified Instances     6           18.75 %
Kappa statistic                    0.7573
Mean absolute error                 0.1005
Root mean squared error             0.2582
Relative absolute error             32.6027 %
Root relative squared error        65.9641 %
Total Number of Instances          32

*****Matriz de confusion*****
 a b c d e  <-- classified as
6 0 0 2 1 | a = PRINCIPIANTE-NORMAL
1 9 0 0 0 | b = PRINCIPIANTE-SOBREPESO
1 0 2 0 0 | c = PRINCIPIANTE-BAJOPESO
0 0 0 5 0 | d = INTERMEDIO-NORMAL
0 0 0 1 4 | e = INTERMEDIO-AVANZADO

```

Ilustración 42. Resultado aprendizaje

Los resultados obtenidos fueron satisfactorios para el 87% de los casos, ya que, para un caso específico, los resultados no fueron los deseados, debido a que dicho usuario tuvo que ser clasificado en un nivel Intermedio Avanzado, según el criterio del instructor del gimnasio de la EPN, como se indica en la tabla 53.

4.2. Metodología de desarrollo

Habiendo empleado la metodología SCRUM se logró obtener los siguientes resultados:

- La organización basada en roles, optimizó la transmisión de conocimientos entre el *Product Owner* y *Scrum Master*; en cuanto a la planificación deportiva, basada en

las necesidades de los usuarios. Para luego transmitir esta información e interpretarla de la manera más adecuada al *Scrum Team*. Ya que se estructuró el desarrollo estableciendo un *Scrum Master* con un perfil técnico y conocimiento relacionado al entrenamiento deportivo (Ver anexo J), con lo cual se mejoró la comprensión en el desarrollo y las necesidades de los interesados del producto.

- Al trabajar con *sprints* fue posible la retrospectiva oportuna del desarrollo, con la finalidad de satisfacer todas las necesidades del usuario de la mejor manera, ya que se mostraba al *Product Owner* un beneficio tangible, el cual facilitaba la comprensión del producto a lograr.
- Al utilizar una metodología Scrum se logró tener un mejor seguimiento en las tareas cumplidas y mayor atención en las que presentaban dificultad, para apegarse a la planificación establecida.
- Con la planificación que se estableció con SCRUM se logró cumplir con la entrega del proyecto; sin embargo, se presentó un retraso de 2 meses, tomando en consideración que el equipo trabajó por 8 meses, los cuales, por diferentes actividades a cumplir, no fueron continuos. Teniendo en cuenta que no se estimó el tiempo en el que el *Scrum Team* se dedicaba a otros labores y tiempos de documentación, revisión y correcciones.

4.3. Aceptación del aplicativo

Se presentó el aplicativo a los usuarios del gimnasio de la EPN, cada uno de ellos lo evaluó en base a 3 criterios:

- Nivel de la rutina que el aplicativo generó en comparación a su criterio.
- Facilidad de uso del aplicativo
- Adaptabilidad de la rutina al gimnasio de la EPN
- Requerimientos adicionales

En base a la encuesta realizada en el *Sprint 8* y tras realizar el registro de cada uno de los datos que la aplicación solicita para la generación de la rutina de entrenamiento, se preguntó a cada usuario que realizó el registro, si el nivel de entrenamiento arrojado por el aplicativo está acorde a su capacidad física. A todos ellos se les solicitó la mayor sinceridad en sus respuestas, sin estar comprometidos en dar una respuesta afirmativa. Todos los usuarios dieron su aceptación a la rutina generada por el aplicativo.

Ningún usuario tuvo problemas en cuanto a usar el aplicativo, ya que éste se lo desarrollo de tal manera que sea intuitivo, amigable y fácil de usar para el usuario.

Cada uno de los ejercicios que ahí se presentan, son adaptables a las máquinas e implementos deportivos con los que el gimnasio de la EPN cuenta. Todos los usuarios conocían, o alguna vez realizaron alguno de los ejercicios que el aplicativo mostraba y si alguno no era de su conocimiento se preguntó si ¿la foto y el gif demostrativo del ejercicio era clara?, dando de igual manera una respuesta afirmativa.

Todos los usuarios que fueron evaluados dieron su apreciación acerca del aplicativo, todos supieron dar futuros agregados en cuanto a funcionalidad, éstos fueron:

- Dar un seguimiento del día de entrenamiento realizado y un recordatorio del día de entrenamiento que está próximo a realizar.
- Considerar otro tipo de características de cada usuario y un mayor tipo de población.
- Una de las mayores observaciones que tuvo el aplicativo fue el de agregar un plan nutricional; esto, de igual manera, en base a características y objetivos propios del usuario.

4.4. Retrospectiva del proyecto y mejoras futuras

El presente proyecto se basó con la premisa de que el aplicativo generador de rutinas para los asistentes al gimnasio de la Escuela Politécnica Nacional sea capaz de facilitar al usuario un modelo organizado y sistemático de planificación de los ejercicios a realizar, garantizando seguridad, así como eficacia y eficiencia de los resultados obtenidos con el seguimiento de las rutinas generadas.

Es importante recalcar que dichos resultados dependen, en su mayoría, de la disciplina del cumplimiento de la rutina generada que presente el usuario, por lo cual el análisis de resultados se basó en la similitud de las rutinas creadas por el aplicativo, versus la rutina que el experto recomendaría.

Las pruebas se llevaron a cabo en las instalaciones del gimnasio de la EPN, considerando un grupo aleatoria de asistentes al gimnasio. Los resultados obtenidos fueron rutinas acordes a la condición física de los evaluados, con la aceptación positiva del instructor.

Se plantea como puntos claves para la mejora del presente desarrollo, los siguientes:

- La implementación de la funcionalidad del análisis nutricional acorde a los objetivos a cumplir, según la rutina generada, pues la nutrición es un pilar fundamental para obtener una buena condición física [70].
- Considerar la variabilidad en los tiempos de las etapas establecidas en la planificación de las rutinas, según factores de consideración como los objetivos a alcanzar.
- La implementación de la funcionalidad de seguimiento del progreso considerando:
 - El diferencial establecido entre los resultados obtenidos, con los esperados durante toda la rutina, la mejora de la técnica empleada para la correcta ejecución de los ejercicios y la cuantificación del grado de cumplimiento de la rutina generada.

En consecuencia, de lo expuesto se concluye que el presente estudio cumplió con los objetivos deseados, pero debe ser considerado como una de las partes integradoras de un sistema más vasto cuya finalidad, además de proporcionar una guía para la ejecución de una rutina, sea contener información nutricional y una retroalimentación en cuanto a resultados obtenidos y mejora de la aptitud física.

CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- El desarrollo del aplicativo de recomendación de rutinas para el gimnasio de la EPN se llevó a cabo satisfactoriamente, cumpliendo así con el objetivo general del presente trabajo de titulación.
- La recolección de registros de usuario fue un proceso esencial para poder llevar a cabo el aprendizaje de máquina, cumpliendo con el objetivo específico: “Ejecutar un proceso de recolección de datos antropométricos de [100 deportistas](#) del gimnasio [de la EPN](#), sus costumbres de alimentación, [horas de sueño](#) y sus metas de entrenamiento”.
- El segundo objetivo específico se efectuó acorde a la fundamentación teórica y experimental, priorizando en que el aplicativo genere una rutina acorde a la situación física del usuario. La rutina generada se estructura partiendo de un período de adaptación para reducir el riesgo de lesiones. La segunda parte de la rutina se enfoca en los objetivos específicos a alcanzar por el usuario, considerando como referencia los índices saludables que dicho usuario debe alcanzar.
- Al utilizar una metodología ágil para el proceso de desarrollo del aplicativo, se logró que el instructor del gimnasio de la EPN construya y aporte un criterio de funcionamiento del aplicativo, lo cual facilitó en gran medida el proceso de evaluación de los resultados generados.
- El aplicativo recomendador de rutinas para el gimnasio de la EPN tiene una arquitectura en la cual se desarrolla la aplicación para el dispositivo móvil, únicamente para que se visualice en un navegador embebido con la dirección en la cual se encuentra alojado el ejecutable de la aplicación, cumpliendo así con el cuarto objetivo específico.

Comentado [MS28]: Su ortografía hay que revisarla. No quiero ver faltas en la versión final!!

5.2 Recomendaciones

- El aprendizaje de máquina genera más interés cada día, debido a que siguen aumentando sus aplicaciones en actividades cotidianas y científicas, siendo una de estas el procesamiento de imagen, fusionando el presente trabajo con un proceso en el cual se establezca, mediante el correcto posicionamiento corporal, potenciar enormemente las aplicaciones específicas para preservar una buena salud. Hay que tomar en cuenta que el aplicativo desarrollado es un soporte y una guía para la

correcta planificación de una rutina de entrenamiento, la cual debe ser siempre supervisada bajo el criterio de un profesional para, con ello, evitar el riesgo de lesiones. Por lo que se recomienda considerar al aplicativo como un apoyo mas no como un remplazo del profesional.

- Se debe considerar que, para tener los resultados esperados, la planificación generada debería acompañarse con una alimentación y hábitos saludables ya que la alimentación juega un papel fundamental dentro del entrenamiento físico. Se puede decir que el 75% de los resultados se obtienen con dieta y un 25% con ejercicio [71]. La clave está en la moderación, realizar ejercicio, comer sano y evitar comidas altas en grasa nos ayuda a disminuir el estrés y a controlar y mejorar nuestro estado físico, según los objetivos específicos de cada uno.
- La efectividad de una rutina para lograr los objetivos propuestos, depende de la constancia, disciplina y del seguimiento que tenga el usuario durante todo su proceso de entrenamiento.
- La generación de rutinas, en base a las características y hábitos específicos, se podría fusionar con la generación de un plan alimenticio acorde a dichas características, generando mayor efectividad en los resultados deseados; esto se plantea como un trabajo futuro y en base a las observaciones que los usuarios tuvieron, al usar la aplicación.
- El ámbito deportivo es un tema creciente y cada vez se establecen nuevas formas de entrenamiento, por lo cual, añadir más métodos de entrenamiento logrará satisfacer a mayor número de necesidades y objetivos propuestos.
- El presente desarrollo puede ser un referente para posibles trabajos en los que se aborde resultados deseados en base a hábitos y características humanas. Profundizar el tratamiento de los datos y los resultados generados, puede ayudar a comprender las incidencias y conductas que nuestro cerebro percibe, pero que no logra descifrar del todo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Alles, "Alles-Martha-Desempec3B1O-Por-Competencias-De-360C2Ba-Completo.Pdf." p. 350, 2005.
- [2] "One Fifth Of People Admit They Have 'No Idea What They're Doing' At The Gym - UNILAD." [Online]. Available: <https://www.unilad.co.uk/life/one-fifth-of-people-admit-they-have-no-idea-what-theyre-doing-at-the-gym/>. [Accessed: 17-Jan-2020].
- [3] A. Valls, "Las 10 mejores app's para ponerte en forma," *Women's Health*.
- [4] S. R. McClaran, "The effectiveness of personal training on changing attitudes towards physical activity," *J. Sport. Sci. Med.*, vol. 2, no. 1, pp. 10–14, 2003, doi: 10.1097/00005768-200105001-01188.
- [5] "6 Fitness Apps To Help You Kick Ass And Be Your Fittest." [Online]. Available: <https://www.mh.co.za/gear-tech/6-fitness-apps-thatll-help-you-kick-ass-and-take-names-in-2019/>. [Accessed: 17-Jan-2020].
- [6] "Fitbod." [Online]. Available: <https://www.fitbod.me/>. [Accessed: 18-Apr-2019].
- [7] "Fitbod Weight Lifting Workout on the App Store." [Online]. Available: https://apps.apple.com/us/app/fitbod-workout-planner-fitness/id1041517543?_branch_match_id=520422964393186920. [Accessed: 17-Jan-2020].
- [8] Centers of disease control, "Body mass index: Considerations for practitioners," *Cdc*, p. 4, 2011.
- [9] M. Palafox and J. Ledesma, *Manual de fórmulas y tablas para la intervención nutricional*, vol. 53, no. 9. 2013.
- [10] E. Lopategui, "Determinación del índice de masa corporal (índice de quetelet)," *Bienestar y Calid. Vida*, p. 10, 2008.
- [11] "Calculadora de dieta, Calculadora del porcentaje de grasa corporal." [Online]. Available: <https://www.scientificpsychic.com/fitness/dieta.html>. [Accessed: 03-Aug-2018].
- [12] R. Earle and T. Baechle, "Fundamentos del entrenamiento personal NSCA," p. 827, 2008.
- [13] "Grasa corporal, grasa abdominal y grasa visceral | MiOriente." [Online]. Available: <http://mioriente.com/secciones/salud/grasa-corporal-grasa-abdominal-y-grasa-visceral.html>. [Accessed: 08-Sep-2019].
- [14] G. E. Mar, E. M. Rodríguez, and J. De Jesús, "La grasa visceral y su importancia en obesidad," *Rev. Endocrinol. y Nutr.*, vol. 10, no. 3, pp. 121–127, 2002.
- [15] "Calcula tu porcentaje de grasa abdominal." [Online]. Available: <https://www.ictiva.com/blog/calcula-tu-porcentaje-de-grasa-abdominal/>. [Accessed: 03-Aug-2018].
- [16] "composición corporal." [Online]. Available: <https://webs.ucm.es/info/nutri1/carbajal/manual-02.htm>. [Accessed: 03-Aug-2018].
- [17] M. Sánchez and E. Bertos, "Hábitos de vida saludable en la población universitaria," *Nutr. Hosp.*, vol. 31, no. 5, pp. 1910–1919, 2015, doi: 10.3305/nh.2015.31.5.8608.
- [18] P. Marsetti, "Evaluación de los patrones alimentarios en los estudiantes de segundo semestre de la Carrera de Administración frente a los cambios suscitados al ingreso de la universidad .," pp. 1–67, 2014.
- [19] C. Perez-Rodrigo, N. Ramos-Carrera, S. Lázaro-Masedo, and J. Araneeta-Bartrina, "Desayuno, rendimiento y equilibrio alimentario: ¿corno desayunan los españoles?," *Revista Espanola de Nutricion Comunitaria*, vol. 23. pp. 5–13, 2017, doi: 10.14642/RENC.2017.23.sup2.5171.
- [20] Organización Mundial de la Salud & Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, "Dieta, nutrición y prevención de enfermedades crónicas," *Aliment. Y Dieta, Consecuencias Habitats Aliment. Ina. Pdf*, vol. 1, pp. 1–

- 152, 2013, doi: ISBN 92 4 120916 X ISSN 0512-3054 (NLM classification: QU 145).
- [21] "Escuela Politécnica Nacional | Disposiciones sobre consumo alcohol." [Online]. Available: <https://www.epn.edu.ec/agenda-2/>. [Accessed: 01-May-2019].
- [22] นครศ รังครัด., *No Title* กระบวนการสื่อสารกับการยอมรับปริญญาเศรษฐกิจพอเพียงของเกษตรกร ในจังหวัดเชียงใหม่. 2554.
- [23] G. A. Castaño-Perez and G. A. Calderon-Vallejo, "Problems associated with alcohol consumption by university students," *Rev. Lat. Am. Enfermagem*, vol. 22, no. 5, pp. 739–746, 2014, doi: 10.1590/0104-1169.3579.2475.
- [24] R. J. Fynmore, "Bishop White Kennett's father," *Notes Queries*, vol. s9-IX, no. 228, pp. 365–366, 1902, doi: 10.1093/nq/s9-IX.228.365-f.
- [25] C. D. E. Vida, "Cualquier Movimiento Corporal Producido Por Los Músculos Esqueléticos Que Tiene Como Resultado Un Gasto De Energía," pp. 1–21, 2001.
- [26] "Escuela Politécnica Nacional | Canchas deportivas." [Online]. Available: <https://www.epn.edu.ec/canchas-deportivas/>. [Accessed: 01-May-2019].
- [27] L. De La, R. Montero, and V. Martínez De Haro, *CV Ciencias del Deporte MANUAL DE TEORÍA Y PRÁCTICA DEL ACONDICIONAMIENTO FÍSICO*. 2003.
- [28] M. Grosser and P. Brüggemann, *Alto rendimiento deportivo: planificación y desarrollo*. 1989.
- [29] P. Running, "Entrenador Personal Running todos los niveles," Jan. 2018.
- [30] "¿Qué es el VO2 Max?" [Online]. Available: <https://www.hsnstore.com/blog/que-es-el-vo2-max/>. [Accessed: 03-Aug-2018].
- [31] C. M. Lewandowski, *The effects of brief mindfulness intervention on acute pain experience: An examination of individual difference*, vol. 1. 2015.
- [32] P. Trainer, "Escribir texto Aragón," pp. 1–60.
- [33] P. Luis, R. García, and F. S. Medina, "Los estiramientos en la práctica físico-deportiva.," *Selección*, vol. 9, no. 4, 2000.
- [34] A. Gutiérrez, *Entrenamiento Personal Bases, fundamentos y aplicaciones.*, 2da Edició. .
- [35] C. Dimas, C. David, and C. Darío, "Teoría y práctica del entrenamiento deportivo," *Inst. Nac. Educ. Física.*, vol. 3, pp. 35–40, 2012.
- [36] G. V. Moreiras, J. M. Ávila, and E. Ruiz, "Energy balance, a new paradigm and methodological issues: The ANIBES study in Spain | Balance energético, un nuevo paradigma y aspectos metodológicos: Estudio ANIBES en España," *Nutr. Hosp.*, vol. 31, pp. 99–111, 2015, doi: 10.3305/nh.2015.31.sup3.8758.
- [37] E. CUERPO HUMANO Directores del capítulo Lothar Heinemann Gerd Heuchert, "Sistema Cardiovascular," *Incidopedia Salud Y Segur.*, pp. 1–6, 2018.
- [38] "Adaptaciones al entrenamiento anaeróbico | Muy Fitness." [Online]. Available: https://muyfitness.com/adaptaciones-entrenamiento-anaerobico-info_19160/. [Accessed: 13-Aug-2018].
- [39] A. Faller, M. Schünke, and G. Schünke, *Estructura y función del cuerpo humano*. Editorial Paidotribo, 2006.
- [40] D. E. V. A. L. Gimnasio, Q. U. E. Empezaron, E. L. Gimnasio, H. Un, and M. E. S. O. Mas, "SUPERSERIES," p. 47.
- [41] "8 Best Period Tracker Apps, Recommended By An Ob-Gyn." [Online]. Available: <https://www.womenshealthmag.com/health/g26787041/best-period-tracking-apps/>. [Accessed: 18-Apr-2019].
- [42] S. Shalev-Shwartz and S. Ben-David, *Understanding machine learning: From theory to algorithms*, vol. 9781107057. 2013.
- [43] S. Russell and N. Peter, *Inteligencia Artificial Un Enfoque Moderno*. 2004.
- [44] R. Pino Díez, A. Gómez Gómez, and N. de. Abajo Martínez, *Introducción a la inteligencia artificial: sistemas expertos, redes neuronales artificiales y computación evolutiva*. Servicio de Publicaciones, Universidad de Oviedo, 2001.
- [45] D. J. Matich, "Redes Neuronales: Conceptos Básicos y Aplicaciones.," *Historia*

- Santiago., p. 55, 2001.
- [46] P. J. Tuya Gonzalez, I. Ramos Roman, and J. J. Dolado Cosin, "Redes bayesianas en la ingeniería del software," *Tec. cuantitativas para la Gest. en la Ing. del Softw.*, pp. 205–222, 2011, doi: 10.4272/978-84-9745-204-5.ch10.
- [47] S. America and T. Maternal, "Neonates and Stillbirths Retrospective Analysis of Neonates and Retrospective Analysis of," no. December, pp. 1–32, 2008.
- [48] T. M. (Tom M. Mitchell, *Machine Learning*. McGraw-Hill, 1997.
- [49] M. D. E. G. D. E. Proyectos, "3. metodologías de gestión de proyectos 3.1."
- [50] E. G. Maida and J. Pacienza, "Cátedra Seminario de Sistemas," 2015.
- [51] A. A. C. Roberth G. Figueroa, Camilo J. Solís, "Metodologías tradicionales vs. metodologías ágiles," 2008.
- [52] E. H. Uribe and L. E. V. Ayala, "Del Manifiesto Ágil, sus valores y sus principios," *Redalyc.Uaemex.Mx*, no. 34, pp. 381–385, 2007.
- [53] Manuel Trigas Gallego, "Metodología SCRUM mtrigasTFC0612memoria," *Gest. Proy. informáticos*, p. 56, 2012.
- [54] T. Dimes, *Conceptos básicos de SCRUM*.
- [55] V. Iturralde, "Sobre el silogismo judicial," *Anu. Filos. del derecho*, vol. VIII, pp. 239–272, 1991.
- [56] "Android vs iPhone: la guerra de los smartphones en cifras | Industria - ComputerHoy.com." [Online]. Available: <https://computerhoy.com/reportajes/industria/android-vs-iphone-guerra-smartphones-cifras-271447>. [Accessed: 08-Sep-2019].
- [57] "What is Ionic Framework? - Ionic Documentation." [Online]. Available: <https://ionicframework.com/docs/intro>. [Accessed: 09-May-2019].
- [58] "MySQL:: MySQL 5.7 Reference Manual:: 1 General Information." [Online]. Available: <https://dev.mysql.com/doc/refman/5.7/en/introduction.html>. [Accessed: 10-May-2019].
- [59] "1.3.1 What is MySQL?" [Online]. Available: https://docs.oracle.com/cd/E17952_01/mysql-8.0-en/what-is-mysql.html. [Accessed: 10-May-2019].
- [60] "1.3.2 The Main Features of MySQL." [Online]. Available: https://docs.oracle.com/cd/E17952_01/mysql-8.0-en/features.html. [Accessed: 10-May-2019].
- [61] "NetBeans IDE - Overview." [Online]. Available: <https://netbeans.org/features/index.html>. [Accessed: 10-May-2019].
- [62] "Java SE - Technologies | Oracle Technology Network | Oracle." [Online]. Available: <https://www.oracle.com/technetwork/java/javase/tech/index.html>. [Accessed: 10-May-2019].
- [63] "RapidMiner | Sistemas de Minería de Datos | Software de Minería de Datos." [Online]. Available: <https://www.microsystem.cl/plataforma/rapidminer/>. [Accessed: 10-May-2019].
- [64] "Key Features of RapidMiner Studio | RapidMiner." [Online]. Available: <https://rapidminer.com/products/studio/feature-list/>. [Accessed: 10-May-2019].
- [65] "Introduction to RapidMiner Server - RapidMiner Documentation." [Online]. Available: <https://docs.rapidminer.com/latest/server/overview/>. [Accessed: 10-May-2019].
- [66] "WEKA." [Online]. Available: <https://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/index.html>.
- [67] "Conoce Android Studio | Android Developers." [Online]. Available: <https://developer.android.com/studio/intro>. [Accessed: 10-May-2019].
- [68] "An Overview of the Android Architecture - Techotopia." [Online]. Available: https://www.techotopia.com/index.php/An_Overview_of_the_Android_Architecture. [Accessed: 10-May-2019].
- [69] "La Inteligencia Artificial va a cambiar la regla de 80/20 | DirigeHoy." [Online]. Available: <https://dirigehoy.info/free/gran-idea-de-hbr/entorno-e-innovacion/la>

- inteligencia-artificial-va-cambiar-la-regla-de-80-20/. [Accessed: 10-Sep-2019].
- [70] E. W. Lee, "Reduction of cytarabine induced erythropoietic toxicity without reducing antitumor activity by pentobarbital," *Fed. Proc.*, vol. 37, no. 3, 1978.
- [71] "Ejercicio vs Dieta: ¿Qué es Mejor Para Perder Peso?" [Online]. Available: <https://entrenar.me/blog/adelgazar-2/ejercicio-vs-dieta-que-es-mejor-para-perder-peso/>. [Accessed: 12-Sep-2019].